

# ESTIMASI VARIANSI *RETURN* DI PASAR VALUTA ASING INDONESIA MENGGUNAKAN MODEL AR(1)-ARCH(1)

Didit B. Nugroho<sup>1</sup> dan Alvian M. Sroyer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana  
email: didit.budinugroho@staff.uksw.edu<sup>1</sup>

<sup>2</sup>Program Studi Matematika, Universitas Cenderawasih  
email: [sroyeralvian@gmail.com](mailto:sroyeralvian@gmail.com)<sup>2</sup>

**Abstrak.** Studi ini membahas suatu klas dari model *autoregressive* (AR) dengan *error* mengikuti proses *autoregressiveconditional heteroscedastic* (ARCH). Model diestimasi menggunakan metode *adaptive random walk* Metropolis (ARWM) yang dikerjakan dalam algoritma Markov Chain Monte Carlo (MCMC) dan diaplikasikan pada delapan data kurs jual harian nilai mata uang asing terhadap rupiah dari tahun 2010 sampai tahun 2015.

**Kata kunci:** model AR-ARCH, metode ARWM, return kurs jual.

## 1. PENDAHULUAN

Volatilitas/variansi runtun waktu *return* aset keuangan bisa diestimasi dengan banyak model. Model yang banyak digunakan dalam naskah keuangan yaitu model ARCH yang disarankan oleh Engle(1982). Kehadiran efek jenis ARCH tersebut dalam runtun tersebut adalah suatu fakta yang tidak terbantahkan. Kombinasi dari spesifikasi ARCH untuk variansi bersyarat dan spesifikasi AR untuk rata-rata bersyarat, dikenal dengan model AR-ARCH, merupakan suatu kombinasi yang mempunyai banyak sisi menarik, melibatkan suatu spesifikasi yang lebih baik dalam peramalan variansi dan memungkinkan pengujian adanya momentum dalam *return* pada suatu model yang terdefinisi dengan baik (Lange *et al.*, 2011).

Tujuan dari studi ini yaitu menyajikan model AR(1)-ARCH(1) untuk runtun waktu kurs jual harian delapan mata uang asing, yaitu Australia dollar (AUD), Swiss franc (CHF), Chinese yuan (CNY), euro (EUR), British pound (GBP), Hongkong dollar (HKD), Singapore dollar (SGD), dan US dollar (USD), terhadap Indonesian rupiah (IDR) atas periode tahun 2010 sampai tahun 2015. Suatu pendekatan yang populer saat ini, yaitu metode Bayes, digunakan untuk menaksir parameter-parameter model AR(1)-ARCH(1). Prosedur metode Bayes dibentuk dengan metode MCMC yang bisa diimplementasikan dengan banyak cara. Di sini metode ARWM dibangun dalam metode MCMC untuk menentukan parameter-parameter model.

## 2. MODEL AR(1)-ARCH(1) DAN ESTIMASINYA

Studi ini secara sederhana hanya menginvestigasi model AR(1)-ARCH(1) yang dinyatakan seperti berikut:

$$\begin{aligned}y_t &= \varphi_0 + \varphi_1 y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim iid(0, h_t), t = 2, \dots, T \\h_t &= \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2, \quad t = 2, \dots, T\end{aligned}$$

dimana  $|\varphi_1| < 1$ ,  $\alpha_0 > 0$ , dan  $0 \leq \alpha_1 < 1$ . Fungsi *likelihood* dari  $y_t$  didefinisikan sebagai berikut:

$$L(y_t | y_{t-1}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi(\alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2)}} \exp \left[ -\frac{(y_t - \varphi_0 - \varphi_1 y_{t-1})^2}{2(\alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2)} \right].$$

Salah satu metode MCMC yang mudah digunakan yaitu *random walk* Metropolis (RWM), dan perbaikan efisiensinya, *adaptive RWM* (ARWM) diberikan oleh Atchade (2005). Berikut ini adalah algoritma ARWM untuk suatu parameter  $\theta$ :

- 1) Inisialisasi parameter  $\theta_0$  dan lebar langkah  $s_0$ .
- 2) Diandaikan bahwa saat waktu  $n \geq 0$ ,  $\theta_n$  dan  $s_n$  diketahui.
  - a. Dibangkitkan proposal  $\theta^* = \theta_n + \eta_t$ , dimana  $\eta_t \sim N(s_n, 1)$ , dan  $x \sim U(0,1)$ .
  - b. Dihitung rasio Metropolis:

$$r(\theta_n, \theta^*) = \frac{p(\theta^*|Y)}{p(\theta_n|Y)}$$

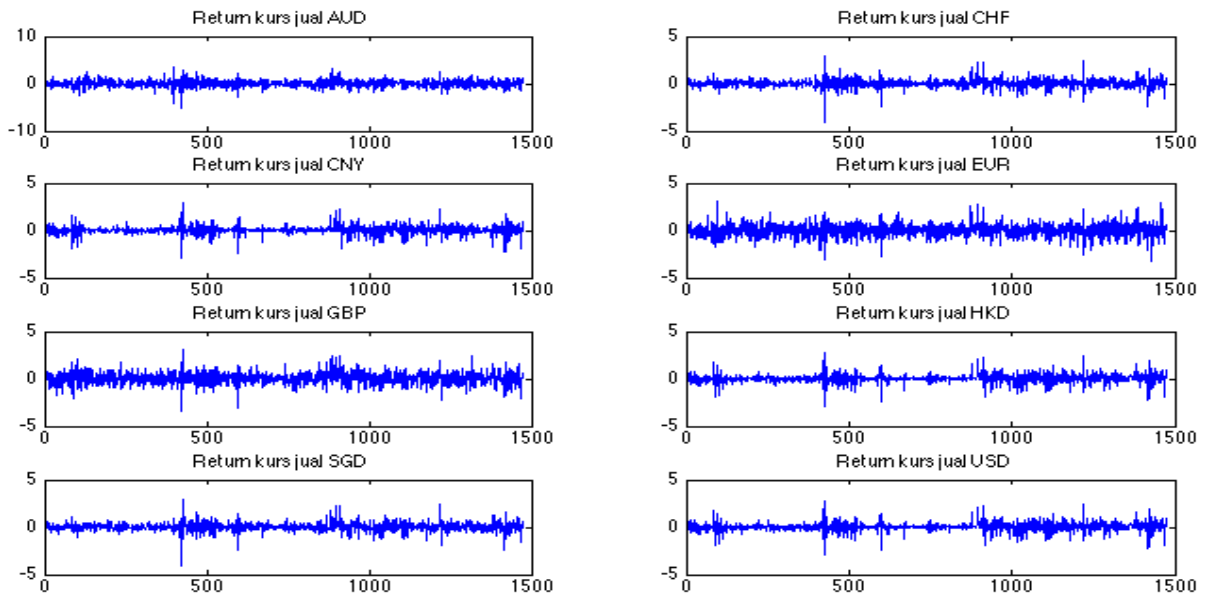
dan ditetapkan  $\delta(\theta_n, \theta^*) = \min\{1, r(\theta_n, \theta^*)\}$ .

- c. Jika  $x \leq \delta(\theta_n, \theta^*)$ , maka  $\theta_{n+1} = \theta^*$ ; jika tidak, maka  $\theta_{n+1} = \theta_n$ .
- 3) Dimisalkan  $s_i \in [s_{\min}, s_{\max}]$  dan dihitung:

$$v = \text{maks} \left\{ s_{\min}, s_n + \frac{\frac{m(\theta^*)}{n+1} - \bar{\tau}}{(n+1)^\lambda} \right\},$$

dimana  $m(\theta^*)$  adalah frekuensi penerimaan  $\theta^*$ . Jika  $v > s_{\max}$ , maka  $s_{n+1} = s_{\max}$ , sedangkan jika  $v < s_{\max}$ , maka  $s_{n+1} = s_n$ . Dalam studi ini ditetapkan

$$s_{\min} = 10^{-5}, s_{\max} = 10, \bar{\tau} = 0,44, \lambda = 0,6.$$



Gambar 1: *Plot* runtun waktu *return* harian (dalam persen) kurs jual AUD, CHF, CNY, EUR, GBP, HKD, SGD, USD terhadap IDR atas periode 2010–2015.

### 3. APLIKASI EMPIRIS

Pada bagian ini, model AR(1)-ARCH(1) dan algoritma ARWM diaplikasikan untuk data *return* harian kurs jual AUD, CHF, CNY, EUR, GBP, HKD, SGD, dan AUD terhadap IDR. Data kurs jual diperoleh dari laman Bank Indonesia, dimana periode data adalah dari bulan Januari 2010 sampai bulan Desember 2015, dengan tidak menyertakan akhir pekan dan hari libur.

*Return* dihitung sebagai selisih logaritma harga penutupan hari ini dan hari sebelumnya, yang dirumuskan seperti berikut:

$$y_t = 100 \times [\log P_t - \log P_{t-1}],$$

dimana  $P_t$  adalah harga penutupan pada hari ke- $t$ . Plot runtun waktu *return* untuk data yang diamati ditampilkan pada Gambar 1. Faktanya, runtun waktu *return* untuk semua data yang diamati adalah tidak berkorelasi yang sesuai dengan asumsi model.

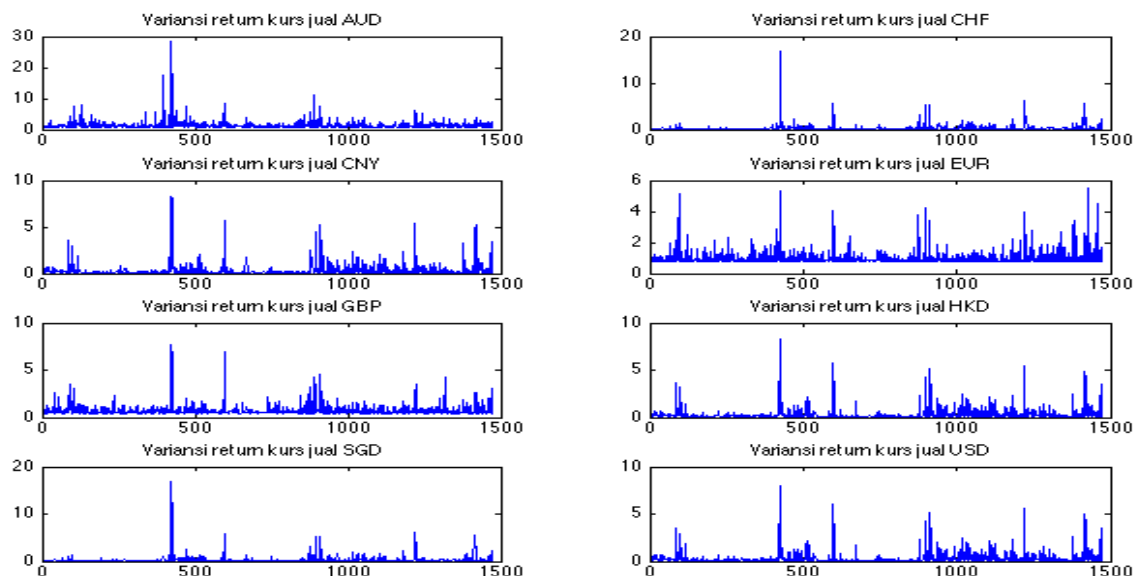
Pada algoritma MCMC dijalankan untuk 15000 iterasi, dimana 5000 iterasi pertama tidak disimpan. Dari 10000 sampel yang tersisa untuk setiap parameter, selanjutnya rerata, simpangan baku (*standar deviation*/SD), 95% interval *highest posterior density* (HPD), dan *integrated autocorrelation time* (IACT) dihitung sebagai keluaran MCMC dan ditampilkan dalam Tabel 2. Interval HPD adalah interval terpendek untuk suatu *posterior* yang diberikan dan dalam kasus ini interval tersebut diestimasi menggunakan algoritma Chen & Shao (1999) dan Chen et al. (2000). *Adaptive truncated periodogram estimator* dari Sokal (1989) digunakan untuk mengestimasi IACT yang bisa ditafsirkan sebagai banyaknya iterasi MCMC yang diperlukan untuk menghasilkan sampel-sampel independen.

Tabel 1: Estimasi parameter yang diperoleh dari data *return* harian kurs jual AUD, CHF, CNY, EUR, GBP, HKD, SGD, USD terhadap IDR atas periode 2010–2015.

		<b>AUD</b>	<b>CHF</b>	<b>CNY</b>	<b>EUR</b>
$\varphi_0$	rerata (SD)	0.045 (0.016)	0.070 (0.008)	-0.012 (0.010)	-0.013 (0.014)
	HPD	[0.012,0.076]	[0.053,0.085]	[-0.033,0.007]	[-0.040,0.016]
	IACT	5.8	5.9	7.5	6.3
$\varphi_1$	rerata (SD)	0.058 (0.027)	0.136 (0.019)	0.164 (0.021)	0.175 (0.021)
	HPD	[0.04,0.112]	[0.099,0.175]	[0.120,0.202]	[0.132,0.218]
	IACT	7.3	8.7	7.8	10.7
$\alpha_0$	rerata (SD)	0.866 (0.045)	0.075 (0.004)	0.120 (0.005)	0.754 (0.036)
	HPD	[0.783,0.959]	[0.066,0.084]	[0.109,0.132]	[0.684,0.831]
	IACT	6.1	6.0	7.1	11.0
$\alpha_1$	rerata (SD)	0.989 (0.010)	0.993 (0.005)	0.972 (0.024)	0.459 (0.081)
	HPD	[0.966,0.999]	[0.981,0.999]	[0.921,0.999]	[0.307,0.622]
	IACT	18.8	11.1	12.2	9.1
<i>log-likelihood</i>		-2318.5	-878.1	-960.5	-2029.4
		<b>GBP</b>	<b>HKD</b>	<b>SGD</b>	<b>USD</b>
$\varphi_0$	rerata (SD)	0.030 (0.013)	-0.003 (0.010)	0.070 (0.008)	0.004 (0.010)
	HPD	[0.005,0.058]	[-0.024,0.017]	[0.053,0.085]	[0.015,0.023]
	IACT	6.7	5.5	7.4	5.9
$\varphi_1$	rerata (SD)	0.089 (0.025)	0.153 (0.023)	0.137 (0.019)	0.183 (0.022)
	HPD	[0.042,0.138]	[0.106,0.199]	[0.095,0.174]	[0.137,0.225]

	IACT	8.0	7.3	7.5	7.2
$\alpha_0$	rerata (SD)	0.444 (0.024)	0.132 (0.007)	0.075 (0.004)	0.125 (0.006)
	HPD	[0.397,0.494]	[0.119,0.146]	[0.066,0.083]	[0.112,0.139]
	IACT	10.7	14.7	5.6	6.2
$\alpha_1$	rerata (SD)	0.652 (0.091)	0.963 (0.036)	0.993 (0.005)	0.974 (0.024)
	HPD	[0.487,0.843]	[0.891,0.999]	[0.982,0.999]	[0.922,0.999]
	IACT	10.1	51.1	13.5	15.8
<i>log-likelihood</i>		-1731.6	-999.4	-878.1	-991.4

Dalam Tabel 1 dilaporkan bahwa nilai-nilai IACT adalah sangat kecil untuk setiap parameter, yang mengindikasikan bahwa metode ARWM sangat efisien. Selanjutnya, merujuk kepada proses AR(1),  $\varphi_1$  adalah signifikan secara statistik, yang menyiratkan bahwa *return* kurs jual berautokorelasi positif dan cukup kecil. Untuk proses ARCH(1) dari variansi *return*,  $\alpha_1$  ditemukan sangat signifikan, yang menyiratkan bahwa variansi hari ini tergantung secara kuat pada *return* kuadrat hari sebelumnya. Runtun waktu variansi *return* harian kurs jual untuk data yang diamati disajikan pada Gambar 2. Di sini ditemukan bahwa variansi yang lebih tinggi dijumpai pada *return* harian kurs jual AUD dan EUR, sedangkan yang lebih rendah dijumpai pada *return* harian kurs jual CHF dan SGD.



Gambar 2: *Plot* runtun waktu variansi harian kurs jual AUD, CHF, CNY, EUR, GBP, HKD, SGD, USD terhadap IDR atas periode 2010–2015.

#### 4. KESIMPULAN

Dalam studi ini, sifat dari runtun waktu *return* harian kurs jual di pasar valuta asing Indonesia diinvestigasi menggunakan model AR(1)-ARCH(1). Studi menemukan bahwa *return* berkorelasi serial secara positif dan cukup kecil dengan variansi *return* tergantung secara kuat pada *return* kuadrat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atchade, Y. F., & Rosenthal, J. S. (2005). On adaptive Markov chain Monte Carlo algorithms. *Bernoulli*, **11**(5), 815–828.
- [2] Chen, M.-H., & Shao, Q.-M. (1999). Monte Carlo estimation of Bayesian credible and HPD intervals. *Journal of Computation and Graphical Statistics*, **8** (1), 69–92.
- [3] Chen, M.-H., Shao, Q.-M., Ibrahim, J. G. (2000). *Monte Carlo methods in Bayesian Computation*, New York: Springer-Verlag.
- [4] Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of The United Kingdom Inflation. *Journal of Econometrica*, **50** (4), 987–1007.
- [5] Lange, T., Rahbek, A., & Jensen, S. T. (2011). Estimation and Asymptotic Inference in the AR-ARCH Model. *Econometric Reviews*, **30** (2), 129–153.
- [6] Sokal, A. D. (1989). *Monte Carlo methods in Statistical Mechanics: Foundations and New Algorithms*. Cours de Troisieme Cycle de la Physique en Suisse Romande, Lausanne.