

**PENERAPAN MODEL *AUTOREGRESSIVE FRACTIONALLY
INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARFIMA)*
DALAM PRAKIRAAN DATA SUKU BUNGA PUAB
(PASAR UANG ANTAR BANK)**

Dwi Hartini dan Nurmaleni

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta
Email: Nurmaleni@uinjkt.ac.id

Abstract: The economic stability is one problem in developing countries, such as Indonesia. In 1998 Indonesia experienced a monetary crisis which caused the banking crisis and the other field crisis. The government and private institution took various monetary policies to rebuild the economic downturn of Indonesia. One of the operational targets in monetary policies is short-term interest rates such as the interbank money market (PUAB) that affected the level of price stability. PUAB interest rates tend to fluctuate. This caused to difficult to forecast the interest rates in the future. Whereas this forecast is important as references to some PUAB activities. Therefore, it's an interesting problem to forecast the PUAB. This research aims to find the best model on the overnight interbank rate. We use PUAB data in 2000 until 2009. The autocorrelation function (ACF) plot of PUAB is hyperbolic, this shows that the PUAB interest rate has a long term dependency. It's supported by the result of Hurst statistics test. So the ARFIMA model is appropriate to model this rate. Based on the Geweke and Porter Hudak (GPH) method, the parameter d of the ARFIMA model is 0.3773139 and based on the smallest AIC, the best ARFIMA model is $(0; 0.3773139; 1)$. The forecasting using the best model for this rate for the period of the quarter I, II and III in 2010 respectively are 6.27363%, 6.21931%, and 6.14422 % with 0.9% the value of MAPE.

Keywords: *The Overnight Interbank Rate, Long Term Time Series, ARFIMA, Hurst, Geweke and Porter Hudak method.*

Abstrak: Masalah pemeliharaan kestabilan ekonomi serta masalah pertumbuhan ekonomi sudah lama dihadapi oleh negara-negara maju maupun berkembang. Salah satunya adalah negara Indonesia, pada tahun 1998 Indonesia mengalami krisis moneter yang mengakibatkan krisis perbankan serta krisis lainnya. Berbagai kebijakan moneter telah dilakukan oleh lembaga-lembaga pemerintah maupun swasta dalam rangka membangun kembali keterpurukan kondisi ekonomi Indonesia. Salah satu target operasional kebijakan moneter adalah suku bunga jangka pendek seperti PUAB karena mempengaruhi tingkat kestabilan harga. Tingkat suku bunga PUAB cenderung bersifat fluktuatif sehingga suku bunga di masa yang akan datang sulit dipastikan. Padahal prakiraan suku bunga PUAB penting sebagai acuan dalam melakukan kegiatan PUAB. Pada penelitian ini, peneliti akan mengkaji model terbaik pada data suku bunga PUAB dalam kurun waktu tahun 2000-2009. Berdasarkan plot ACF yang turun secara lambat (hiperbolik) diketahui bahwa data suku bunga PUAB memiliki ketergantungan jangka panjang. Hal ini dipertegas dengan hasil perhitungan uji statistik *Hurst*. Salah satu model yang dapat digunakan adalah model ARFIMA. Berdasarkan metode Geweke dan Porter Hudak diperoleh model ARFIMA dengan nilai parameter $d = 0.3773139$, dan berdasarkan nilai AIC terkecil model terbaik adalah ARFIMA $(0; 0.3773139; 1)$. Prakiraan menggunakan

Penerapan Model *Autoregressive Fractionally Integrated Average* (ARFIMA) dalam...

model terbaik untuk data suku bunga PUAB berturut-turut untuk periode kuartal I, II, dan III tahun 2010 adalah 6.27363%, 6.21931%, dan 6.14422% dengan nilai MAPE sebesar 0.9%.

Kata kunci: *Suku Bunga PUAB, Runtun Waktu Jangka Panjang, ARFIMA, Hurst, metode Geweke dan Porter Hudak.*

PENDAHULUAN

Masalah pemeliharaan kestabilan ekonomi serta masalah pertumbuhan ekonomi sudah lama dihadapi oleh negara-negara maju maupun berkembang. Salah satunya adalah negara Indonesia. Pada tahun 1998 Indonesia mengalami krisis moneter yang mengakibatkan krisis perbankan serta krisis lainnya. Akibatnya kepercayaan masyarakat terhadap sektor perbankan menjadi rendah. Hal ini terus berlanjut hampir satu decade, terlihat dari kemampuan bank untuk membayar kembali kewajiban kepada nasabah atau *loan to deposit ratio* (LDR) perbankan yang masih rendah. Sepertiga bahkan sampai 40% dana tidak dapat tersalurkan kepada masyarakat sebagai kredit untuk usaha dan bisnis. Dana perbankan banyak digunakan untuk investasi bukan di sektor riil (sektor penghasil barang).

Kondisi pembangunan nasional Indonesia pasca krisis membuat kestabilan negara dalam berbagai bidang seperti ekonomi, sosial, investasi, industri, perdagangan dan kesejahteraan masyarakat menjadi labil serta mengalami berbagai hal diluar rencana strategis pemerintah. Kegoncangan yang sangat dirasakan adalah di bidang perekonomian. Proses pengembangan dan pembangunan dunia usaha yang mampu menjadi tolak ukur keberhasilan dalam perekonomian suatu negara membutuhkan dana yang tidak sedikit. Karena kebutuhan dana dalam jangka waktu tertentu membuat pihak swasta maupun pemerintah tidak mampu menyediakan dana besar secara mandiri. Oleh karena itu, ketersediaan dana akan mampu terpenuhi melalui pasar uang dan pasar modal yang ada di Indonesia maupun internasional.

Saat ini keberadaan pasar uang tidak lagi dibatasi hanya di wilayah suatu negara saja akan tetapi, uang kini berputar secara terus menerus keseluruh bagian di dunia. Keberadaan pasar modal dan pasar uang telah membantu dalam penyediaan dana untuk jangka menengah dan jangka panjang guna menunjang pembangunan dan pengembangan dunia usaha [1].

Berbagai usaha telah dilakukan untuk membangun kembali keterpurukan kondisi ekonomi Indonesia baik dari pihak pemerintah maupun swasta [1]. Dalam kerangka *inflation targeting*, suku bunga jangka pendek seperti PUAB merupakan salah satu pilihan target operasional kebijakan moneter karena peranannya yang semakin penting dalam mempengaruhi tingkat kestabilan harga. Bagi dunia perbankan, PUAB menjadi salah satu alternatif pemenuhan kebutuhan likuiditas harian yang terkadang tidak mencukupi [1].

Beberapa peneliti sebelumnya yang sudah mengkaji dan membuat penelitian mengenai data suku bunga PUAB diantaranya adalah Natsir (2009) mengenai Peranan Jalur Suku Bunga Dalam Mekanisme Transmisi Kebijakan Moneter Di Indonesia. Pada penelitian ini membahas mengenai bagaimana peranan dan efektivitas mekanisme transmisi kebijakan moneter pada jalur suku bunga di Indonesia pada periode tahun 1990:2-2007:1 dengan data triwulan. Penelitian menggunakan variabel Inflasi, suku bunga SBI (rSBI), suku bunga pasar uang antar bank (rPUAB), suku bunga deposito, Output Gap, suku bunga kredit. Alat analisis yang digunakan adalah pengujian model VAR. Penelitian mengenai suku bunga PUAB juga dilakukan oleh Rustam (2009) mengenai Analisa Pembentukan Besaran Tingkat Suku Bunga Pasar Uang Antar Bank dengan Menggunakan Metode *Error Correction Model* (ECM). Melalui penelitian ini dicoba berbagai faktor fundamental ekonomi pembentukan besaran

tingkat bunga pasar uang antar bank (PUAB), baik jangka pendek maupun jangka panjang dengan menggunakan metode koreksi kesalahan/*error correction model* (ECM). Selanjutnya penelitian mengenai suku bunga PUAB juga pernah dilakukan oleh Dyah Utami (2011) mengenai Determinan Suku bunga Pasar Uang Antar Bank Di Indonesia. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis regresi berganda dengan model linier.

Tingkat suku bunga PUAB cenderung bersifat fluktuatif sehingga suku bunga di masa yang akan datang sulit dipastikan. Sedangkan memprakirakan (*forecasting*) suku bunga PUAB di masa depan sangat penting sebagai acuan dalam melakukan kegiatan PUAB. Ada beberapa macam metode *forecasting*, salah satunya adalah Analisis Runtun Waktu (*Time Series*). Analisis runtun waktu merupakan serangkaian data pengamatan yang terjadi berdasarkan waktu secara runtun, baik data dalam interval tahun, bulan, hari, jam, menit, atau detik. Prakiraan (*forecasting*) dilakukan dengan menganalisis dan mencocokkan model yang sesuai dengan data yang dimiliki.

Pada data runtun waktu yang tidak stasioner, model ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) sangat efektif untuk digunakan. Tetapi adakalanya, saat plot ACF menunjukkan pola deret berkala jangka panjang (*long memory*), ini terlihat dari nilai-nilai autokorelasi pada plot ACF turun secara lambat atau hiperbolik untuk lag yang semakin meningkat dan memenuhi kriteria jangka panjang berdasarkan statistik uji *Hurst*. Identifikasi ini mengindikasikan bahwa nilai dari d koefisien pembeda (*differencing*) bernilai pecahan, sehingga model yang paling cocok adalah model ARFIMA (*Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average*) [2].

Berdasarkan uraian diatas penulis tertarik untuk mengkaji model runtun waktu ARFIMA dari data suku bunga PUAB dalam persen di Indonesia untuk mendapatkan model yang terbaik dan melakukan prakiraan (*forecasting*) untuk beberapa periode kedepan. Penelitian ini diberi judul “Penerapan Model ARFIMA (*Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average*) dalam Prakiraan Data Suku Bunga PUAB (Pasar Uang Antar Bank)”.

TINJAUAN PUSTAKA

Suku Bunga PUAB

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, yang dimaksud Pasar Uang Antar Bank (PUAB) adalah kegiatan pinjam meminjam jangka pendek antar bank yang dilakukan melalui jaringan komunikasi elektronik. Kegiatan ini pada dasarnya dibolehkan oleh Bank Indonesia [1]. Suku bunga PUAB merupakan harga yang terbentuk dari kesepakatan pihak yang meminjam dan memberi pinjaman dana. Suku bunga tersebut diukur dalam persen. Pasar uang antar bank (PUAB) juga sering disebut sebagai *Interbank Call Money* yang merupakan salah satu sarana penting untuk mendorong pengembangan pasar uang. Kegiatan di PUAB dilakukan melalui mekanisme *over the counter* (OTC) yaitu terciptanya kesepakatan antara peminjam dan pemilik dana yang dilakukan tidak melalui lantai bursa. Transaksi PUAB dapat berjangka waktu dari satu hari kerja (*overnight*) sampai dengan satu tahun, namun pada praktiknya mayoritas transaksi PUAB berjangka waktu kurang dari 3 bulan [1].

PUAB berfungsi sebagai media pertama bagi transmisi kebijakan moneter karena peranannya yang sangat penting dalam mempengaruhi stabilitas harga. Bank pelaku transaksi PUAB adalah bank-bank umum yang menjadi anggota JIBOR (Jakarta Interbank Offered rate). Penentuan tingkat suku bunga PUAB disesuaikan dengan tingkat suku bunga pasar [1].

Cara pinjam meminjam dana PUAB yang dilakukan antar bank dengan menggunakan langkah tertentu. Setiap bank peminjam akan menerbitkan promes, sedangkan bank pemberi pinjaman akan menerbitkan nota kredit. Mekanisme PUAB diawali dengan adanya pemberian limit atau batasan jumlah dana dan waktu antar bank satu dengan bank yang lainnya. Bank sebagai pemberi pinjaman pada saat meminjamkan dana pada suatu bank akan memperhatikan total aset, tingkat kesehatan bank, kemampuan likuiditasnya, manajemen dan hubungan kerja (kelompok/individu). Setelah itu, akan dilakukan perjanjian dan persetujuan (deal), sehingga bank sebagai peminjam akan memberikan pinjaman kepada bank yang meminjam [3].

Proses Stokastik dan Runtun Waktu

Proses stokastik adalah suatu himpunan peubah acak Y_t atau $Y(t)$ dimana $t \in T$ dengan $T = \{1, 2, \dots\}$ untuk t diskrit dan $T = \{0, \infty\}$ kontinu, atau dapat disebut juga dengan suatu barisan kejadian yang setiap nilainya berubah terhadap waktu secara tidak menentu [4]. Misalkan Y_1 adalah peubah acak yang berhubungan dengan kejadian pertama, Y_2 adalah peubah acak yang berhubungan dengan kejadian kedua sampai dengan Y_n adalah peubah acak yang berhubungan dengan kejadian ke- n maka Y_1 sampai dengan Y_n disebut dengan proses stokastik. Runtun waktu adalah proses stokastik dimana T adalah himpunan titik waktu.

Analisis runtun waktu pertama kali diperkenalkan dan dikembangkan pada tahun 1970 oleh Box dan Jenkins. Runtun waktu merupakan pengamatan terurut berdasarkan waktu atau barisan yang tergantung pada waktu dari observasi suatu variabel yang diamati. Data runtun waktu mengalami fluktuasi atau perubahan dari waktu ke waktu atau disebut dengan variasi runtun waktu. Variasi disebabkan oleh adanya faktor *trend*, Fluktuasi siklis (*cyclical fluctuation*), Variasi musiman (*seasonal variation*). *Trend* adalah keadaan data yang menaik atau menurun dari waktu ke waktu. Variasi siklis muncul ketika data dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang, variasi siklis ini bisa terulang setelah jangka waktu tertentu. Variasi siklis biasanya akan kembali normal setiap 10 atau 20 tahun sekali, bisa juga tidak terulang dalam jangka waktu yang sama.

Statistik Pengujian Runtun Waktu Jangka Panjang

Runtun Waktu Jangka Panjang

Stasioneritas adalah asumsi yang harus dipenuhi dalam membuat sebuah kesimpulan berdasarkan data runtun waktu. Sebuah data dikatakan stasioner jika tidak terdapat perubahan yang drastic pada data. Fluktuasi data berada disekitar suatu nilai rata-rata yang konstan, tidak tergantung pada waktu dan variansi dari fluktuasi tersebut [5]. Untuk mengetahui apakah data memenuhi asumsi stasioneritas atau tidak secara grafik dapat dilihat dari plot ACF. Pada kasus pola data stasioner terhadap mean tidak dipenuhi maka perlu dilakukan suatu cara untuk membuat data menjadi stasioner dengan melakukan *differencing*, dan jika tidak stasioner dalam variansi maka dapat dilakukan transformasi data. Sebuah kasus khusus dari proses runtun waktu adalah proses jangka panjang (*long memory*). Data yang dikategorikan sebagai data *long memory* ditandai dengan plot ACF yang tidak turun secara eksponensial melainkan menurun secara sangat lambat [7]. Runtun waktu yang dikatakan sebagai proses yang memiliki memori jangka panjang yaitu bila fungsi autokorelasi turun menuju nol dengan sangat lambat sehingga menunjukkan bahwa pengamatan yang jauh terpisah masih saling berhubungan.

Identifikasi Long Memory Process

Asumsi yang harus dipenuhi dalam pengujian runtun waktu yang mengandung jangka panjang adalah berdasarkan hasil plot ACF yang turun lambat secara hiperbolik dan

melakukan statistik uji *Hurst*. Untuk mengecek adanya *long memory* pada data dengan menggunakan statistik uji *Hurst* [9] dapat dihitung dengan:

$$H = \frac{\log\left(\frac{R}{s}\right)_t}{\log(t)} \quad (1)$$

dengan R/S (*Rescaled range Analysis*) sebutan untuk mendapatkan eksponen *Hurst*, dan t adalah banyaknya data pengamatan.

Model ARFIMA

Runtun waktu jangka panjang (*long memory process*) pertama kali diperkenalkan oleh Hurst [9]. Model *Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average* (ARFIMA) adalah model yang paling cocok untuk runtun waktu jangka panjang seperti yang telah dikembangkan oleh Granger dan Joyeux [10], serta Hoskings [8].

Definisi 2 [11]

Sebuah proses ARIMA (p,d,q) dengan $d \in (-0.5, 0.5)$ atau sebuah proses ARMA (p,q) dimana d bernilai pecahan maka $\{Y_t\}$ memenuhi persamaan:

$$\phi(B)(1 - B)^d Y_t = \theta(B) e_t, \quad (2)$$

dengan $\{e_t\}$ adalah *white noise*, ϕ adalah polinomial orde p , dan θ adalah polinomial orde q , dan $(1 - B)^d$ adalah operator *fractional difference*.

Model ARFIMA merupakan pengembangan dari model ARIMA. Model ARFIMA dapat mengatasi kelemahan model ARIMA, dimana ARIMA hanya dapat menjelaskan data jangka pendek (*short memory*) dengan *differencing* (d) bernilai bilangan bulat. Moulines dan Soulier [14] mengatakan bahwa model ARFIMA merupakan model terbaik yang dapat menjelaskan data deret waktu baik berupa data jangka pendek maupun jangka panjang (*long memory*) dengan *differencing* (d) bernilai bilangan riil.

Fractional Difference

Operator *diferensi fractional* pada model ARFIMA (p,d,q) menurut Hoskings merupakan perluasan dari binomial yaitu sebagai berikut [8]:

$$\nabla^d = (1 - B)^d = \sum_{j=1}^{\infty} \binom{d}{j} (-1)^j B^j, \quad (3)$$

dengan $\binom{d}{j} = \frac{d!}{(d-j)!j!} = \frac{\Gamma(d+1)}{\Gamma(j+1)\Gamma(d-j+1)}$ dan B merupakan *backward shift operator*, dan $\Gamma(x)$ merupakan fungsi gamma.

Bila persamaan (3) dijabarkan maka diperoleh, untuk $j = 0$ diperoleh $\frac{(d)!}{(d-0)!0!} = 1$, Untuk $j = 1$ diperoleh $\frac{(d)!}{(d-1)!1!} = d$, untuk $j = 2$ diperoleh $\frac{(d)!}{(d-2)!2!} = \frac{d(d-1)}{2}$, dan untuk $j = 3$, diperoleh $\frac{(d)!}{(d-3)!3!} = \frac{d(d-1)(d-2)}{6}$, dan seterusnya sedemikian sehingga diperoleh,

$$\begin{aligned} \nabla^d &= (1 - B)^d \\ &= \binom{d}{0} (-1)^0 B^0 + \binom{d}{1} (-1)^1 B^1 + \binom{d}{2} (-1)^2 B^2 + \dots \\ &= \frac{d!}{0!(d-0)!} B^0 - \frac{d!}{1!(d-1)!} B^1 + \frac{d!}{2!(d-2)!} B^2 + \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1 - dB + \frac{1}{2}(d-1)dB^2 - \frac{1}{6}(d-1)(d-2)dB^3 + \dots \\
 &= 1 - dB - \frac{1}{2}(1-d)dB^2 - \frac{1}{6}(1-d)(2-d)dB^3 + \dots
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Beberapa karakteristik deret *fractionally integrated* [12] untuk berbagai nilai d , yaitu:

- Jika $d = 0$, maka proses menunjukkan fungsi autokorelasi turun secara eksponensial dengan proses ARMA,
- Jika $d \in (0, 0.5)$, maka proses ARFIMA Y_t merupakan proses stasioner dengan fungsi autokorelasinya yang menunjukkan turun lambat atau turun secara hiperbolik menuju nol,
- Jika $d \in (-0.5, 0)$, maka proses ARFIMA Y_t merupakan proses stasioner dengan fungsi autokorelasinya menurun secara lebih cepat dari pada kasus $d \in (0, 0.5)$, model ini disebut *intermediate memory*,
- Jika $d \in (0.5, 1)$, maka proses ARFIMA Z_t merupakan proses tidak stasioner.

Estimasi Penaksiran Parameter d menggunakan metode GPH

Estimasi GPH diperkenalkan [13] merupakan salah satu yang paling populer dan banyak digunakan untuk menguji fraksi integrasi d . Kelebihan mencari penduga koefisien d untuk model ARFIMA dengan menggunakan metode Geweke dan Porter-Hudak adalah dapat menaksir parameter pembeda d secara langsung tanpa perlu mengetahui nilai orde *Autoregressive* (p) dan orde *Moving Average* (q) terlebih dahulu. Menaksir parameter pembeda d menurut [13] dapat didekati dengan menggunakan persamaan regresi linear sebagai berikut:

$$Y_j = \beta_0 + \beta_1 X_j + \alpha_j, \quad j = 1, 2, \dots, m$$

Sehingga parameter d dapat ditaksir melalui persamaan:

$$\beta_1 = \hat{d} = \frac{\sum_{j=1}^m (X_j - \bar{x})(Y_j - \bar{y})}{\sum_{j=1}^m (X_j - \bar{x})^2} \tag{5}$$

dengan $X_j = \ln \left[2 \sin \left(\frac{\lambda_j}{2} \right) \right]^2$, $\lambda_j = \frac{2\pi j}{T}$ dan, $T =$ jumlah pengamatan, $j = 1, 2, \dots, m$, dan $m = T^{1/2}$, $Y_j = \ln I(\lambda_j)$, $I(\lambda_j) = \frac{1}{2\pi} \{ \gamma_0 + 2 \sum_{t=1}^{T-1} \gamma_t \cos(t \lambda_j) \}$, $\lambda_j \in (-\pi, \pi)$.

Uji Diagnostik Model

Setelah berhasil mengestimasi nilai-nilai parameter dari model *ARFIMA* yang ditetapkan sementara, selanjutnya perlu dilakukan pemeriksaan diagnostik untuk membuktikan bahwa model tersebut cukup memadai dan menentukan model mana yang terbaik digunakan untuk prakiraan [5]. Pemeriksaan diagnostik ini dapat dilakukan dengan mengamati apakah residual dari model terestimasi merupakan proses *white noise* atau tidak. Salah satu cara pemeriksaan yang mudah adalah dengan menggunakan uji yang mampu menetapkan apakah sekumpulan autokorelasi secara keseluruhan menunjukkan berbeda dari nol yang disebut dengan uji Statistik *Ljung Box-Pierce* [15] dan untuk uji kenormalan residual menggunakan uji *Kolmogorof-Smirnov* [16].

Pemilihan Model Terbaik

Suatu model setelah diidentifikasi memungkinkan terbentuknya lebih dari satu model yang sesuai. Kriteria pemilihan model biasanya didasarkan pada uji statistik yang diperoleh dari nilai residual. Pada penelitian ini kriteria pemilihan model dan indikator dari keakuratan model yang dipilih didasarkan pada nilai *Akaike Info Criterion* (*AIC*) dan *Mean Absolute Percentage Error* (*MAPE*). Suatu model mempunyai kinerja sangat bagus jika nilai *MAPE*

berada di bawah 10% dan mempunyai kinerja bagus jika nilai MAPE berada di antara 10% dan 20% [17].

Untuk menghitung AIC digunakan persamaan berikut [6] :

$$AIC = n \ln \sigma_n^2 + 2p, \quad (6)$$

Dimana p adalah banyaknya parameter dalam model, n banyaknya observasi, σ_t^2 estimasi dari *Mean Square Error*. Sedangkan untuk persamaan MAPE adalah sebagai berikut [6]:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{y_t}}{n} \times 100\%, \quad (7)$$

dimana y_t adalah nilai aktual pada waktu t , \hat{y}_t nilai prakiraan dari y_t , n banyak data historis.

Prakiraan (Forecasting)

Setelah mendapatkan model ARFIMA (p,d,q) terbaik berdasarkan nilai AIC terkecil, langkah selanjutnya dalam tahapan analisis adalah *forecasting*. *Forecasting* dapat kita definisikan sebagai prakiraan mengenai sesuatu yang belum terjadi [2], sehingga pada kasus ini kita akan memprakirakan data suku bunga Pasar Uang Antar Bank (PUAB) berturut-turut selama 3 periode ke depan pada tahun 2010 kuartal I, II, dan III.

METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diterbitkan oleh Bank Indonesia dalam Website www.bi.go.id, yang merupakan data kuartal suku bunga PUAB dalam kurun waktu tahun 2000 sampai dengan tahun 2010. Data yang akan diuji oleh penulis sebanyak 40 data (*data in sample*) sedangkan data yang akan dibandingkan dengan data aktualnya sebanyak 3 data (*data out sample*).

Tahapan-Tahapan Analisis Data

1. Pemeriksaan Kestasioneran Data

Data dikatakan stasioner jika grafik data yang terbentuk bergerak konstan, baik secara rata-rata maupun variansi. Sedangkan jika grafik data bergerak tidak konstan, maka data yang membentuk grafik tersebut tidak stasioner. Setelah selesai melakukan analisis grafik, dilanjutkan dengan melihat nilai ADF (Augmented Dickey Fuller)[23]. Jika nilai mutlak uji ADF statistik lebih besar dari pada nilai critical value pada derajat kepercayaan (1%, 5%, dan 10%) maka H_0 ditolak. Sebaliknya jika nilai mutlak uji ADF statistik menyatakan lebih kecil dari pada nilai critical value pada derajat kepercayaan (1%, 5%, dan 10%) maka H_0 diterima. [Setelah melakukan analisis kestasioneran data dan jika diketahui datanya tidak stasioner dilanjutkan dengan melakukan transformasi dan differencing pada data Suku bunga Pasar Uang Antar Bank (PUAB). Menstasionerkan data terhadap variansi dapat dilakukan dengan Tranformasi Box-Cox [6].

2. Identifikasi Long Memory dan Model Sementara

Mengidentifikasi runtun waktu yang mengandung memori jangka panjang (*long memory process*) adalah dengan melihat plot ACF yang tidak turun secara eksponensial melainkan turun lambat secara hiperbolik [8]. Setelah selesai melakukan analisis dengan plot ACF, dilanjutkan dengan menghitung hasil dari uji statistik Hurst [2] dengan langkah sebagai berikut:

- 1) Menentukan rata-rata, Adjusted mean, dan simpangan baku dari data deret waktu
- 2) Menentukan deviasi kumulatif dan rentang dari deviasi kumulatifnya
- 3) Menentukan nilai eksponensial Hurst (H) melalui statistik R/S [2] dari data deret waktu.

Menurut Wei jika $0 < H < 0.5$ menunjukkan gejala short memory dan $0.5 < H < 1$ menunjukkan gejala long memory [18]. Untuk mengidentifikasi orde p dan q serta membuat model sementara adalah melihat plot ACF dan PACF data dan melakukan kombinasi model dari beberapa orde p untuk model AR dan orde q untuk model MA.

3. Tahapan Metode ARFIMA

Metode ARFIMA menggunakan pendekatan iteratif dalam mengidentifikasi suatu model yang paling tepat dari berbagai model yang ada. Model sementara yang telah dipilih diuji lagi dengan data historis untuk melihat apakah model sementara yang terbentuk tersebut sudah memadai atau belum. Model sudah dianggap memadai apabila residual (selisih hasil prakiraan dengan data historis) terdistribusi secara acak dan berdistribusi normal. Langkah-langkah penerapan metode ARFIMA secara berturut-turut adalah pendugaan parameter d , diagnostic checking, pemilihan model terbaik dan prakiraan (forecasting). Model yang telah memenuhi syarat (parameter signifikan, residual memenuhi asumsi white noise) akan dibandingkan berdasarkan kriteria AIC dan nilai MAPE yang terkecil dengan menggunakan persamaan (6) dan (7). Setelah mendapatkan model ARFIMA (p,d,q) terbaik berdasarkan nilai AIC terkecil, langkah selanjutnya dalam tahapan analisis adalah forecasting. Pada penelitian ini akan dilakukan forecasting terhadap data suku bunga Pasar Uang Antar Bank (PUAB) berturut-turut selama 3 periode ke depan pada tahun 2010 kuartal I, II, dan III.

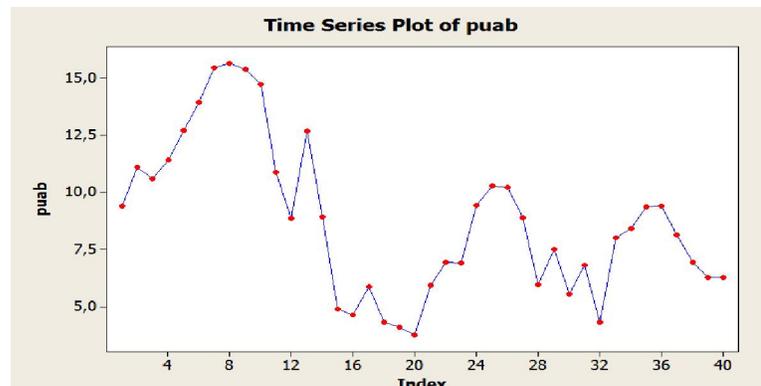
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data

Pada subbab ini dibahas tentang analisis data kuartal suku bunga pasar uang antarbank (PUAB) tahun 2000 sampai dengan 2009. Analisis data dilakukan untuk menentukan model terbaik dan meramalkan data suku bunga PUAB yang mengandung memori jangka panjang dengan menggunakan model ARFIMA (*Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average*).

Plot Data dan Uji Kestasioneran

Plot data runtun waktu pada Gambar 1 mengindikasikan data suku bunga PUAB mengalami *trend* (data terlihat cenderung naik), sehingga data tidak stasioner. Untuk mengecek kebenaran apakah data sudah stasioner atau belum stasioner tidak hanya dapat dilihat berdasarkan plot data tapi juga dengan melakukan uji kestasioneran. Salah satu pengujian kestasioneran yang populer, dikembangkan oleh David Dickey dan Wayne Fuller dengan sebutan *Augmented Dickey-Fuller (ADF) Test*.

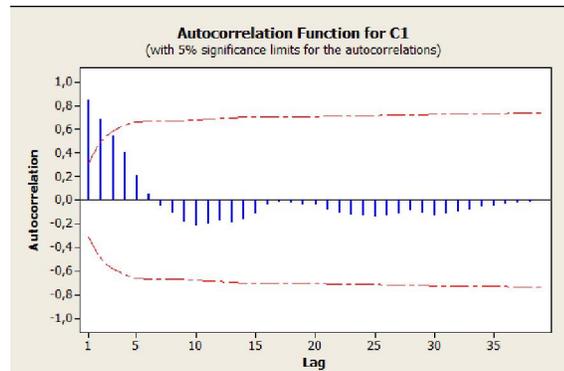


Gambar 1. Plot Data Suku Bunga PUAB

Hasil output software evIEWS menunjukkan bahwa nilai mutlak ADF *test statistic* nya sebesar $|-1.670284|$ lebih kecil daripada setiap nilai mutlak kritis *MacKinnon* nya pada setiap derajat kepercayaan baik itu 1%, 5% dan 10%, sehingga berdasarkan kriteria uji ADF dapat disimpulkan hipotesis H_0 yang menyatakan bahwa data tidak stasioner kita terima. Berdasarkan hasil output di atas selain dengan nilai ADF *test statistic* nya, kita juga dapat mengidentifikasi stasioneritas dengan melihat nilai p-value nya. Berdasarkan kriteria uji ADF *test statistic*, jika nilai p-value = 0.4380 lebih besar dari $\alpha = 0.05$ maka artinya H_0 kita terima yang menunjukkan bahwa data suku bunga PUAB tidak stasioner.

Identifikasi *Long Memory*

Selanjutnya untuk mengetahui apakah data memenuhi asumsi, yaitu data mengandung runtun waktu jangka panjang adalah dengan melakukan pengujian *long memory*. Pengujian *long memory* terdiri dari dua cara, yaitu yang pertama yaitu dengan melihat plot ACF-nya. Jika plot ACF data tidak turun secara eksponensial melainkan turun lambat atau hiperbolik maka dapat dikatakan data runtun waktu mengandung *long memory*.



Gambar 2. Plot ACF Data Tingkat Suku Bunga PUAB

Dari hasil plot ACF data suku bunga PUAB pada Gambar 2 menunjukkan fungsi autokorelasinya (ACF) turun secara lambat atau hiperbolik yang mengidentifikasi data suku bunga PUAB memiliki ketergantungan jangka panjang atau *long memory process*. Selain melihat dari gambar plot ACF data suku bunga PUAB yang turun secara lambat atau hiperbolik, untuk mengidentifikasi adanya ketergantungan jangka panjang atau *long memory process* dilakukan dengan perhitungan uji statistik *Hurst* (H). Berdasarkan perhitungan uji statistik Hurst diperoleh nilai $H = 0,73$, yang artinya berdasarkan kriteria uji statistik *Hurst* [18] dapat dianalisis bahwa data suku bunga PUAB mengandung memori jangka panjang karena memiliki nilai H antara $0,5 < H < 1$.

Identifikasi Model Sementara

Berdasarkan plot ACF dan PACF data suku bunga PUAB didapatkan model-model ARFIMA yang mungkin adalah sebagai berikut ARFIMA (0, d , 1), ARFIMA (0, d , 2), ARFIMA (1, d , 0), ARFIMA (1, d , 1), dan ARFIMA (1, d , 2).

Estimasi Parameter d

Nilai parameter *differencing* (d) diestimasi menggunakan metode *Geweke* dan *Porter Hudak* (GPH). Berikut ini hasil Tabel nilai estimasi parameter d yang diperoleh berdasarkan software R.

Tabel 1 Estimasi Parameter d_{gph}

Variabel	D	Sd.ass	Sd.reg
Hasil	0.3773139	0.4410471	0.2934201

Estimasi Parameter ARFIMA (p, d, q) Model

Setelah nilai estimasi parameter d diperoleh, selanjutnya adalah menaksir parameter psi (ϕ) dan theta (θ) pada model ARFIMA (p, d, q). Berikut ini hasil Tabel nilai estimasi parameter p dan q dari masing-masing model ARFIMA (p, d, q) yang diperoleh berdasarkan software R.

Tabel 2 Estimasi Parameter $psi(\phi)$ dan $theta(\theta)$

No.	ARFIMA (p, d, q)	Parameter	Sd. Error
1.	(0, d , 1)	$\hat{\theta}_1 = -0.986209$	0.444598
2.	(0, d , 2)	$\hat{\theta}_1 = -1.182$	0.6721
		$\hat{\theta}_2 = -0.860247$	0.219687
3.	(1, d , 0)	$\hat{\phi}_1 = 0.768489$	0.128559
4.	(1, d , 1)	$\hat{\phi}_1 = 0.816122$	0.134799
		$\hat{\theta}_1 = -0.539858$	0.184516
5.	(1, d , 2)	$\hat{\phi}_1 = 0.834543$	0.134791
		$\hat{\theta}_1 = -0.713361$	0.286361
		$\hat{\theta}_2 = -0.256009$	0.35832

Diagnostik Model ARFIMA (p, d, q)

Pemodelan ARFIMA seperti halnya ARIMA, dibangun dengan batasan-batasan, sehingga setelah didapatkan model dengan estimasi parameter perlu dilakukan uji kesesuaian model. Pengujian diagnostik yang dilakukan meliputi uji asumsi nilai residual bersifat acak dan berdistribusi normal. Pengujian residual data berdistribusi normal atau tidak, dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov - Smirnov*. Sedangkan untuk menguji apakah residul saling bebas (bersifat acak) dengan melihat dari plot ACF dan PACF yang lag-lagnya signifikan (tidak keluar garis merah) atau dengan melakukan perhitungan uji *Ljung - Box*. Berdasarkan kedua uji tersebut dapat kita simpulkan untuk residual model ARFIMA yang memenuhi asumsi residual datanya berdistribusi normal dan bersifat acak adalah (0,0.3773139,1), (1,0.3773139,0), (1,0.3773139,1) dan (1,0.3773139,2).

Pemilihan Model ARFIMA (p, d, q) Terbaik

Pemilihan model terbaik untuk model ARFIMA (p, d, q) dilakukan dengan membandingkan nilai AIC yang terkecil. Model yang akan dibandingkan adalah model yang telah memenuhi uji diagnostik nilai residual, yaitu model ARFIMA (0, 0.3773139, 1), (1, 0.3773139, 0), (1, 0.3773139, 1), dan (1, 0.3773139, 2). Nilai AIC untuk model ARFIMA pada data suku buga PUAB disajikan pada Tabel berikut:

Tabel 3 Model ARFIMA Terbaik

No.	Model	AIC
1.	ARFIMA(0, 0.3773139, 1)	0.1648176
2.	ARFIMA(1, 0.3773139, 0)	2.312705
3.	ARFIMA(1, 0.3773139, 1)	0.8665155
4.	ARFIMA(1, 0.3773139, 2)	21.454776

Berdasarkan Tabel 3, maka didapatkan model ARFIMA terbaik yang memiliki nilai AIC terkecil adalah model ARFIMA $(0, 0.3773139, 1)$, sehingga model persamaannya dapat dituliskan sebagai persamaan berikut:

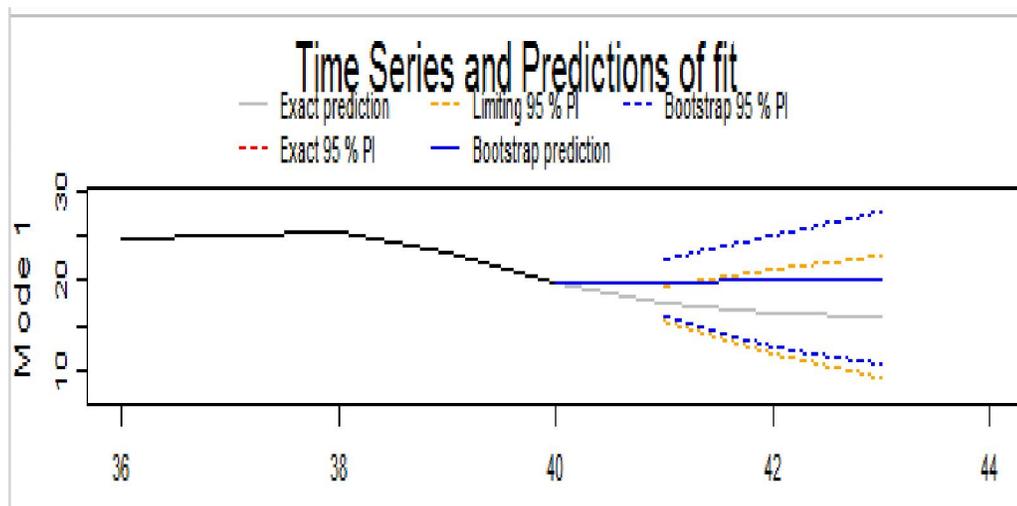
$$\begin{aligned} \phi_0(B)\nabla^{0.3773139}Y_t &= \theta_1(B)e_t \\ (1 - B)^{0.3773139}Y_t &= (1 - (-0.986209B))e_t \\ (1 - B)^{0.3773139}Y_t &= (1 + 0.986209B)e_t. \end{aligned}$$

Prakiraan

Setelah didapatkan model ARFIMA (p,d,q) terbaik untuk data suku bunga PUAB, yaitu model ARFIMA $(0,0.3773139,1)$. Langkah selanjutnya adalah membuat prakiraan (*forecasting*). Hasil *forecasting* untuk data suku bunga PUAB diperlihatkan pada Tabel dan Gambar di bawah ini.

Tabel 4 Hasil Prakiraan Model ARFIMA $(0, 0.3773139, 1)$ dalam persen (%)

Periode (Kuartal)	Hasil Prakiraan	Batas Bawah 95%	Batas Atas 95%	Actual	Error
I	6.27363	6.1272082	6.4200518	6.17	-0.0218
II	6.21931	6.078882	6.3657318	6.19	0.004014
III	6.14422	5.9977982	6.290648	6.19	-0.14285



Gambar 4. Hasil Prakiraan Model ARFIMA $(0,0.3773139,1)$

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 4 menunjukkan hasil prakiraan (*forecasting*) data tingkat suku bunga PUAB yang diperoleh untuk masing-masing periode adalah 6.27363%, 6.21931%, dan 6.14422% dengan nilai MAPE sebesar 0.9% yang artinya model sangat bagus.

KESIMPULAN

Penelitian ini membahas mengenai pemodelan ARFIMA untuk data suku bunga PUAB dalam kurun waktu tahun 2000 sampai dengan tahun 2009. Model ARFIMA merupakan perkembangan dari model ARIMA dimana nilai parameter d merupakan bilangan riil. Plot data runtun waktu suku bunga PUAB menunjukkan adanya pola trend, hal ini berarti bahwa data tidak stasioner terhadap nilai rata-ratanya. Terdapat ketergantungan jangka panjang pada data suku bunga PUAB yang terlihat pada fungsi autokorelasi (ACF) yang turun secara lambat (hiperbolik). Hal ini juga dipertegas dengan hasil perhitungan uji statistik *Hurst* nya. Oleh karena itu, data suku bunga PUAB dapat dimodelkan menggunakan model ARFIMA

dengan nilai parameter $d = 0.3773139$. Berdasarkan nilai AIC terkecil diperoleh model terbaiknya adalah

$$(1 - B)^{0.3773139} Y_t = (1 + 0.986209B)e_t.$$

Prakiraan menggunakan model ARFIMA terbaik untuk data suku bunga PUAB berturut-turut untuk periode kuartal I, II, dan III tahun 2010 adalah 6.27363%, 6.21931%, dan 6.14422% dengan nilai MAPE sebesar 0.9%.

REFERENSI

- [1] Utami, Dyah. 2011. *Determinan Suku Bunga Pasar Uang Antar Bank di Indonesia*. Tugas Akhir. Universitas Negeri Semarang.
- [2] Darmawan, Gungum. 2008. *Perbandingan Metode pada Prakiraan ARFIMA*. Thesis. Universitas Padjadjaran.
- [3] Bank Indonesia. Beberapa tahun edisi. *Kodifikasi Peraturan BI: Likuiditas Rupiah PUAB*. BI. Jakarta.
- [4] Taylor, Howard & Karlin, S. 1984. *An Introduction to Stochastic Modeling*. London: Academic press.
- [5] Wheelwright, Matridakis. 1995. *Forecasting Methods and Application*. United State: John Wiley & Sons, Inc.
- [6] Wei, William, WS. 2006. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods second edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- [7] Haslett J, & Raftery AE. 1989. Space-Time Modelling With Long-Memory Dependence: Assessing Ireland's Wind Power. *Applied Statistics* 38(1): 1-50.
- [8] Hosking, JRM. 1981. Fractional Differencing. *Journal Biometika* 68(1): 165-176.
- [9] Hurst, HE. 1951. The Problem OF Long-Term Storage in Reservoirs: An Experimental Study. *International Association of Scientific Hydrology. Bulletin*. 116: 770-799.
- [10] Granger, CWJ & Joyeux, R. 1980. An Introduction To Long-Memory Time Series Models and Fractional Differencing. *Journal Of Time Series Analysis*. 1: 15-29.
- [11] Brockwell, Peter J. & Davis, Richard A. 2002. *Introduction to Time series and Forecasting Second Edition*. New york: Springer Verlag.
- [12] Boutahar, M. & Khalfaoui, R. 2011. Estimation of the Long Memory Parameter in Non-Stationary Models: A Simulation Study. *GREQAM Version*: 1-23.
- [13] Geweke, J and Porter-Hudak, S. 1983. The Estimation and Application of Long Memory Time Series Models. *Journal of Time Series Analysis*. 4: 221-238.
- [14] Moulines, E. & Soulier, P. 1999. Broadband Log-Periodogram Regression of Time Series with Longrange Dependence. *Annals of Statistics* pp. 1415 -1439.
- [15] Stoffer, SD, & Toloï, MC. 1992. A note on the Ljung-Box-Pierce Portmanteau Statistic With Missing Data. *Statistics and Probability Letters*. 13 (1992): 391-396
- [16] Rozali, MN & Wah Bee Yap. 2011. Power Comparison of Shapiro-Wilk, Kolmogorof-Smirnov, Lilliefors and Anderson Darling test. *Journal of statistical modelling and analytics*. 2(1): 21-33
- [17] Zainun, NY., Rahman, IA., & Efetkhari, M. 2003. Low Cost Has A Demand Predictor. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. 162: 51-58
- [18] W. S. Wei. 1994. *Time Series Analisis Univariate and Multivariate Method*, Addison Wesley Publishing Company Inc, United Statet of Amerika.