

OPTIMASI PARAMETER MODEL AUTOREGRESSIVE MENGGUNAKAN ALGORITMA PARTICLE SWARM OPTIMIZATION

Setyoko Prismanu Ramadhan¹, Hasbi Yasin², Suparti.³

^{1,2,3}Departemen Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

Setyoko.prismanu.r@gmail.com

ABSTRACT

Box-Jenkins ARIMA method is a linear model in time series analysis which is widely used in various fields. One estimation method for Box-Jenkins ARIMA model is OLS method which aims to minimize the number of squared errors. This method is not effective when applied to time series data that is random, nonlinear and non-stationary. In this study discussed the alternative method of the PSO algorithm as an parameter optimization of the ARIMA model. PSO algorithm is an optimization method based on the behavior of a flock of birds or fish. The main advantage of the PSO algorithm is having a simple, easy to implement and efficient concept in calculations. This method is applied to data from PT Perusahaan Gas Negara shares. The results of both methods will be compared. In the AR model (1) the value of MSE is 0.532 and MAPE is 0.993. Meanwhile, the PSO algorithm obtained MSE 0.531 and MAPE 0.988. It was found that the PSO algorithm resulted in smaller MSE and MAPE values and could provide better results.

Keywords : *Time Series Analysis, Autoregressive, PSO.*

1. PENDAHULUAN

Metode Time Series adalah metode peramalan dengan menggunakan analisa pola hubungan antara variabel yang akan dipikirkan dengan variabel waktu. Pada analisis runtun waktu, nilai masa kini dipengaruhi oleh nilai sejenis di masa lalu (Soejoety, 1987). Dengan Time Series, data dapat diolah untuk menjelaskan keadaan yang akan datang, seperti memperkirakan harga saham di masa mendatang. Suatu peramalan data Time Series diperoleh dari analisis deret waktu dalam bentuk pemodelan data. Pemodelan data deret waktu biasanya menggunakan model seperti Autoregressive (AR), Moving Average (MA), Autoregressive Moving Average (ARMA), dan Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) atau biasa disebut metode Box - Jenkins. Model-model ini merupakan model linier dalam runtun waktu yang sangat umum digunakan dan dapat diaplikasikan pada sebagian besar data-data statistik.

Metode yang digunakan untuk mengestimasi parameter model AR, MA, dan ARIMA Box-Jenkins adalah metode kuadrat terkecil atau sering juga disebut dengan metode ordinary least square (OLS). Metode OLS ini bertujuan meminimumkan jumlah kuadrat error. Metode Box-Jenkins mensyaratkan bahwa datanya harus stasioner. Jika datanya tidak stasioner maka dilakukan proses stasioneritas. Metode Box-Jenkins juga harus memenuhi asumsi model yaitu residual berdistribusi normal, independensi, dan varian konstan.

Metode Box-Jenkins tidak dapat mengolah suatu data runtun waktu dengan variabilitas yang tinggi. Sehingga tidak efektif jika meramalkan indeks harga saham yang bersifat random, nonlinear dan nonstasioner (Wartati & Masruroh, 2016). Berdasarkan hal tersebut, maka penulis mencoba melakukan optimasi untuk meminimalisir resiko dari data yang bersifat random seperti data saham. Optimasi sendiri dapat dikatakan suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal atau efektif. Optimasi dapat juga diartikan sebagai suatu bentuk mengoptimalkan sesuatu hal yang sudah ada. Metode optimasi tersebut adalah Particle Swarm Optimization (PSO).

Algoritma PSO adalah salah satu algoritma optimasi yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan (Santosa, 2011). Metode ini meniru kebiasaan dari organisme berkelompok seperti kawanan burung dan sekelompok ikan. Dengan menggunakan algoritma tersebut, akan didapatkan solusi optimum berdasarkan posisi dan kecepatan partikel yang di-update pada setiap iterasi, sehingga partikel tersebut menghasilkan solusi baru yang lebih baik. Kelebihan utama algoritma PSO adalah mempunyai konsep sederhana, mudah diimplementasikan, dan efisien dalam perhitungan. Namun algoritma PSO mempunyai kelemahan yaitu tidak dapat bekerja diluar masalah optimasi. Menurut Factmawati (2015) estimasi dengan metode algoritma PSO memberikan hasil yang lebih baik daripada estimasi parameter model ARIMA dengan OLS.

Berdasarkan pemaparan tersebut, maka dalam penelitian ini penulis akan menggunakan estimasi parameter model AR menggunakan algoritma PSO pada harga saham. Saham adalah salah satu instrumen keuangan jangka panjang yang diperdagangkan di pasar modal Indonesia. Saham didefinisikan surat tanda penyertaan atau pemilikan seseorang atau badan terhadap perusahaan yang menerbitkan saham tersebut (Yafiz, 2008). Saham merupakan surat bukti atau tanda kepemilikan bagian modal pada suatu perseroan terbatas. Dalam transaksi jual beli di Bursa Efek, saham atau shares merupakan instrumen yang paling dominan diperdagangkan. Selebar kertas yang berisi mengenai bukti kepemilikan atas perusahaan yang menerbitkan surat berharga tersebut merupakan wujud dari saham. Semakin tinggi tingkat permintaan dan penawaran terhadap lembar saham, maka harga saham pun akan tinggi dan juga sebaliknya.

Investasi dalam bentuk saham banyak dipilih para investor karena saham mampu memberikan keuntungan yang menarik. Pembentukan harga saham terjadi karena adanya permintaan dan penawaran atas saham tersebut. PT Perusahaan Gas Negara adalah salah satu perusahaan yang mencatatkan sahamnya dibursa efek. Perusahaan tersebut juga ikut memainkan perannya di pasar bursa dengan menjadi investor atau pemegang saham. Harga saham dirumuskan menggunakan model AR. Selanjutnya parameter dari model AR yang sesuai, akan dioptimasi menggunakan algoritma PSO kemudian hasil estimasi OLS dibandingkan dengan hasil optimasi PSO sebagai validasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pasar Modal

Pasar modal secara umum merupakan tempat bertemunya para penjual dan para pembeli untuk melakukan transaksi dalam rangka memperoleh modal. Penjual dalam pasar modal merupakan perusahaan yang membutuhkan modal, sehingga mereka berusaha menjualn efek-efek. Pembeli di pasar modal adalah para investor, yaitu para pihak yang ingin membeli modal di perusahaan yang menurut mereka menguntungkan (Solihin, 2014). Pasar modal memiliki perbedaan karakteristik dengan pasar uang. Bila pasar modal merupakan pasar keuangan untuk dana jangka panjang , maka pasar uang berkaitan dengan instrumen keuangan jangka pendek.

2.2. Saham

Saham (stock) merupakan surat berharga sebagai tanda penyertaan atau pemilikan seseorang atau badan dalam suatu perusahaan. Saham yang diperdagangkan di bursa efek, terdiri atas saham biasa (common stock) dan saham preferen (preferred stock). Saham biasa

(common stock) mewakili kepentingan kepemilikan perusahaan, atau jumlah pemegang saham, dan pemegang saham dapat menggunakan efek ekuitas berjangka yang dapat dipertukarkan. Saham preferen (preferred stock) dikenal sebagai pendapatan tetap hibrida mempunyai sifat atau ciri antara obligasi dan saham biasa (Budiman, 2009). Persamaan saham biasa dan saham preferen mencangkup dua hal, yaitu kedua surat berharga tersebut mewakili kepemilikan atas modal sendiri perusahaan dan diterbitkan tanpa tanggal jatuh tempo yang tertulis di atas lembaran saham tersebut.

2.3. Regresi Linier

Regresi merupakan suatu metode untuk mengukur besarnya pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat dan memprediksi variabel terikat dengan menggunakan variabel bebas (Gujarati, 2006).

2.4 Metode Runtun Waktu

Dasar pemodelan runtun waktu adalah pengamatan sekarang (Z_t) dianggap tergantung pada satu atau beberapa pengamatan sebelumnya (Z_{t-1}). Dengan kata lain, model runtun waktu dibuat karena secara statistik ada korelasi (dependensi) antar deret pengamatan. Tujuan analisis runtun waktu antara lain memahami dan menjelaskan mekanisme tertentu, meramalkan sesuatu nilai di masa depan, dan mengoptimalkan system kendali (Makridakis, 1999).

2.4.1 Stasioneritas

Hal yang paling mendasar dan penting dalam melihat perilaku data runtun waktu stasioneritas data. Kondisi stasioner terdiri atas dua hal, yaitu stasioner dalam rata-rata (mean) dan stasioner dalam varian (Ekananda, 2016). menurut makridakis (1999) untuk mengetahui apakah data runtun waktu stasioner terhadap rata-rata, dapat diamati ada atau tidaknya perubahan nilai tengah dari waktu ke waktu. Hal ini merupakan dasar dari penggunaan metode runtun waktu. Apabila plot runtun waktu tidak memperlihatkan adanya perubahan varian yang jelas dari waktu ke waktu, maka dapat dikatakan bahwa runtun waktu tersebut stasioner pada varian. Ketidakstasioneran dalam varian dapat diatasi dengan Transformasi Box-Cox.

2.4.2 ACF dan PACF

Pada dasarnya koefisien autokorelasi menunjukkan korelasi antara deret berkala dengan deret berkala itu sendiri dengan selisih waktu (lag) 0, 1, 2 periode atau lebih (Makridakis, 1999). Sedangkan autokorelasi parsial dapat diperoleh melalui model regresi, dimana variabel dependen N_{t+k} dari proses yang stasioner pada lag k , sehingga variabel $N_{t+k-1}, N_{t+k-2}, \dots, N_t$ dapat ditulis sebagai berikut:

$$N_{t+k} = \phi_{k1}N_{t+k-1} + \phi_{k2}N_{t+k-2} + \dots + \phi_{kk}N_t + e_{t+k} \quad (1)$$

dimana ϕ_{ki} adalah parameter regresi ke- i dan e_{t+k} adalah bentuk residual normal yang tak berkorelasi dengan N_{t+k-j} untuk $j = 1, 2, \dots, k$.

2.5 Model AR

Pada umumnya, data terdahulu dapat saja terdistribusi (distribusi lag) atau tidak terdistribusi (non distributed lag). Menurut makridakis (1999) nilai koefisien parameter AR terbatas anatar $-1 < \phi < 1$ untuk proses AR (1) sedangkan $-2 < \phi < 2$ untuk proses AR (2). Secara umum model AR(p) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Z_t = \phi Z_{t-1} + \phi Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t \quad (2)$$

2.6 Estimasi Model AR

Menurut Wei (2006), estimasi OLS merupakan estimasi yang meminimumkan kuadrat selisih antara nilai parameter sebenarnya dengan nilai estimasinya. Dengan demikian diketahui estimator OLS dari ϕ berdasarkan persamaan tersebut adalah :

$$L = \sum_{t=2}^n a_t^2 = \sum_{t=2}^n [Z_t - \phi_1 Z_{t-1}]^2$$

$$\frac{\partial L}{\partial \phi_1} = 2 \sum_{t=2}^n [Z_t - \phi_1 Z_{t-1}] (-Z_{t-1})$$

$$\frac{\partial L}{\partial \phi_1} = 0 \rightarrow 2 \sum_{t=2}^n [Z_t - \phi_1 Z_{t-1}] (-Z_{t-1}) = 0$$

$$\phi_1 \sum_{t=2}^n Z_{t-1}^2 = \sum_{t=2}^n Z_t Z_{t-1}$$

$$\phi_1 = \frac{\sum_{t=2}^n Z_t Z_{t-1}}{\sum_{t=2}^n Z_{t-1}^2} \quad (3)$$

2.7 Tahapan Pemodelan Runtun Waktu

Analisis runtun waktu ini terdiri dari 3 tahap utama, berikut skema yang memperlihatkan tahapan tersebut (Soejoety, 1987):

1. Identifikasi
Proses identifikasi dapat juga digunakan untuk menghasilakan estimasi awal parameter-parameter dalam model.
2. Estimasi
Estimasi awal yang diperoleh dalam langkah identifikasi dapat digunakan sebagai nilai awal dalam metode estimasi secara iteratif.
3. Verifikasi
Jika verifikasi tidak cocok, maka uji itu akan menunjukkan bagaimana model harus diubah

2.8 Pemilihan Model Terbaik

Mean Square Error (MSE) adalah metode yang berperan dalam penentuan model terbaik dengan cara mengkuadratkan masing-masing kesalahan atau *error*, selanjutnya dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah observasi.

Berikut rumus untuk menghitung MSE :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (4)$$

2.9 Evaluasi Kinerja Model

Suatu model mempunyai kinerja sangat bagus jika nilai MAPE berada di bawah 10% dan mempunyai kinerja sangat bagus jika nilai MAPE berada di antara 10% dan 20% (Zainun, 2013) MAPE sebagai ukuran kesalahan yang dikategorikan dalam kesalahan presentase dirumuskan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n |PE_i|}{n} \quad (5)$$

2.10 Particle Swarm Optimization

PSO didasarkan pada perilaku sebuah kawanan burung. Algoritma PSO meniru perilaku *social organisme* ini. Perilaku sosial terdiri dari tindakan individu dan pengaruh dari individu-individu lain dalam satu kelompok. Kata partikel menunjukkan, misalnya, seekor burung dalam kawanan burung. Setiap individu berperilaku dengan cara menggunakan kecerdasannya (intelligence) sendiri dan juga dipengaruhi perilaku kelompok kolektifnya. Dengan begitu, jika satu individu atau partikel atau seekor burung menemukan jalan yang tepat atau pendek menuju ke sumber makanan, sisa kelompok yang lain juga akan dapat segera mengikuti jalan tersebut meskipun lokasi mereka jauh dari kelompok tersebut (Santosa, 2017). Pada setiap iterasi, setiap solusi yang dipresentasikan oleh posisi partikel, dievaluasi performansinya dengan cara memasukkan solusi tersebut kedalam fungsi MSE.

Setiap partikel diperlakukan seperti sebuah titik pada suatu dimensi ruang tertentu. Kemudian terdapat faktor yang memberikan karakter terhadap status partikel pada ruang pencarian yaitu posisi partikel dan kecepatan partikel. Berikut ini merupakan formulasi matematika yang menggambarkan posisi dan kecepatan partikel pada suatu dimensi ruang tertentu :

$$X_i(t) = x_{i1}(t), x_{i2}(t), \dots, x_{iN}(t)$$

$$V_i(t) = v_{i1}(t), v_{i2}(t), \dots, v_{iN}(t)$$

Dimana :

X : posisi partikel

V : kecepatan partikel

i : indeks partikel

t : iterasi ke-t

N : ukuran dimensi ruang

Berikut ini merupakan model yang menggambarkan mekanisme updating status partikel :

$$V_i(t) = V_i(1 - t) + c_1 r_1 (X_i^L - X_i(t - 1)) + C_2 r_2 (X^G - X_i(t - 1)) \quad (6)$$

$$X_i(t) = V_i(t) + X_i(t - 1) \quad (7)$$

Dimana :

X_i^L : mempresentasikan *local best* dari partikel ke-i

X^G : mempresentasikan *global best* dari seluruh kawanan

c_1 dan c_2 : suatu konstanta yang bernilai positif disebut sebagai *learning factor*

r_1 dan r_2 : suatu bilangan random yang bernialai 0 sampai 1

3. METODE PENELITIAN

3.1. Sumber Data

Data yang digunakan untuk penulisan ini adalah data kuantitatif. Data yang digunakan merupakan data sekunder yaitu data harga saham PT Perusahaan Gas Negara yang diambil dari web www.yahoofinance.com.

3.2. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah harga saham harian PT Perusahaan Gas Negara periode 3 Juli 2015 sampai dengan 25 Januari 2018.

3.3. Langkah Metode Analisa

Langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis data dalam penelitian ini adalah:

1. Plot data deret berkala dari data saham PT Perusahaan Gas Negara.
2. Uji kestasionerannya baik dalam varian maupun rata-rata.
3. Dibuat plot ACF dan PACF untuk menentukan dugaan sementara model AR.
4. Dilakukan uji asumsi.
5. Dilanjutkan dengan mengoptimasi parameter model AR yang sesuai berdasarkan algoritma PSO.

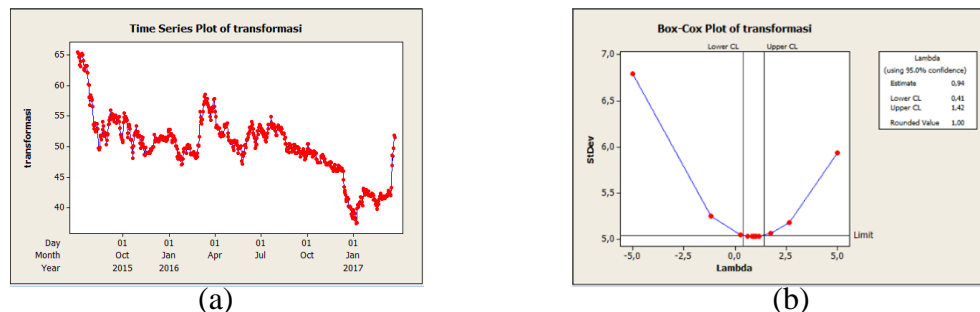
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Data

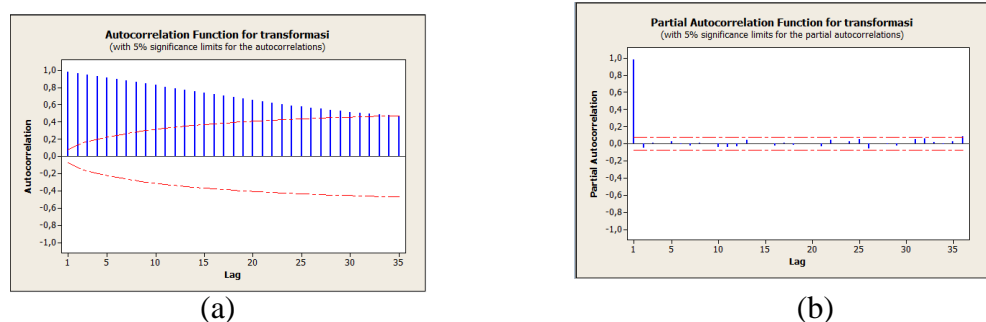
	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean	Std. Deviation
PGAS.JKT	631	1405	4280	1600330	2536,18	506,524

4.2 Identifikasi Model

Plot deret berkala data saham PT Perusahaan Gas Negara memperlihatkan adanya kestasioneran rata-rata tetapi, tidak stasioner dalam varian. Sehingga diperlukan transformasi Box-Cox untuk mendaptakna data yang stasioner.



Gambar 1. Plot Data Saham (a) plot data saham (b) plot Box Cox setelah ditransformasi



Gambar 2. Plot Data Saham (a) plot ACF (b) plot PACF

Setelah dilakukan transformasi Box Cox satu kali diperoleh data stasioner. Hal tersebut dapat dilihat pada **Gambar 1**. Langkah selanjutnya adalah plot ACF dan PACF ditunjukkan pada **Gambar 2**. Berdasarkan plot ACF dan PACF, ditentukan dugaan model sementara AR(1)

4.3 Estimasi Parameter Model

Setelah diidentifikasi dugaan model sementara, langkah selanjutnya adalah menentukan parameter model AR(1). Setelah itu dilakukan uji signifikansi parameter terhadap dugaan model sementara menggunakan Uji-t sebagai berikut

- Hipotesis :
 H_0 : parameter tidak signifikan terhadap model
 H_1 : parameter signifikan terhadap model
 Taraf Signifikansi : $\alpha = 0,05$
 Statistik Uji : $t = \frac{\hat{\phi}_i}{se(\hat{\phi}_i)}$, P-value = 0,000
 Kriteria Uji : H_0 ditolak jika nilai $|t| > t(\alpha/2, df=n-n_p)$ atau P-value $< \alpha = 0,05$
 Berdasarkan kriteria uji dapat disimpulkan, karena p-value = 0,000 $< \alpha = 0,05$ maka H_0 ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter pada model penduga signifikan.

4.4 Uji Independensi Residual

Pengujian yang dilakukan adalah *Q-Ljung Box* sebagai berikut:

- Hipotesis :
 H_0 : $\rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$ (tidak ada korelasi residual antar-lag)
 H_1 : minimal terdapat satu $\rho_k \neq 0$ (ada korelasi residual antar-lag)
 Taraf Signifikansi : $\alpha = 0,05$
 Statistik Uji : $Q = n(n+2) \sum_{k=1}^k (n-k)^{-1} \hat{\rho}_k^2$
 Kriteria Uji : H_0 ditolak jika $Q < \chi^2(\alpha, m-s)$ atau p-value $< \alpha$
 Pengujian dilakukan dengan menggunakan bantuan software minitab 16. Berikut merupakan ringkasan hasil uji independensi Residual:

Tabel 1. Uji Independensi Residual Model Runtun Waktu

Model	Lag	Nilai Q-Ljung Box	Nilai P-Value	Inependensi Residual
AR(1)	12	15,5	0,114	H_0 diterima
	24	26,9	0,215	H_0 diterima
	36	40,7	0,199	H_0 diterima
	48	55,9	0,150	H_0 diterima

Kesimpulan :

Berdasarkan **Tabel 1** dapat disimpulkan bahwa pada taraf signifikansi 5% dengan model AR(1) tidak ada korelasi residual antar-lag.

4.5 Uji Normalitas Residual

Berikut adalah pegujian dari uji *Kolmogorov-Smirnov*.

Hipotesis :

H_0 : Residual data berdistribusi normal
 H_1 : Residual data tidak berdistribusi normal
 Taraf Signifikansi : $\alpha = 0,05$
 Statistik Uji : $D_{Hitung} : \sup |S_n(Z) - F_0(Z)|$
 Kriteria Uji : H_0 ditolak jika $D_{Hitung} > (D_{\alpha,n})$ atau $P\text{-Value} < \alpha$
 Pengujian dilakukan dengan menggunakan software Minitab 16. Berikut hasil uji normalitas Residual:

Tabel 2. Uji Normalitas Residual

Model	P-Value	Normalitas Residual
AR(1)	0,01	Tidak Terpenuhi

Berikut tabel untuk mempermudah pembacaan dengan nilai MSE :

Tabel 3. Model AR

Model	Estimasi parameter	Uji independensi residual	Uji normalitas residual	MSE	MAPE
AR (1)	Signifikan	Tidak Berkorelasi	Tidak terpenuhi	0,532	0,993

Berdasarkan pada **Tabel 8** model AR(1) uji signifikansi parameter terpenuhi, uji independensi residual terpenuhi dan uji normalitas residual tidak terpenuhi dan memiliki nilai MSE sebesar 0,532.

Secara umum model AR(1) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + a_t$$

$$\text{Atau } \phi(B)Z_t = a_t$$

Dimana

$$\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$$

$$Z_t = C + \phi_1 Z_{t-1} + a_t$$

Maka model yang terbentuk adalah :

$$\sqrt{Z_t} = 0,18608 + 0,9963\sqrt{Z_{t-1}} + a_t$$

4.6 Penerapan Algoritma PSO

Berikut penerapan Algoritma PSO untuk optimasi Parameter model autoregressive :

1. Prinsip dasar yang digunakan adalah mencari suatu nilai secara iteratif dengan mempertimbangkan posisi terbaik pada iterasi sebelumnya sampai memperoleh nilai optimum.
2. Data yang digunakan untuk optimasi parameter menggunakan Algoritma PSO adalah data yang stasioner dalam mean dan varian.
3. Optimasi dilakukan pada model dengan parameter signifikansi yang terpenuhi

4.7 Inisialisasi Parameter AR sbagai Partikel PSO

Particle swarm optimization (PSO) merupakan salah satu teknik optimasi dalam kelompok metaheuristik. Optimasi PSO dilakukan untuk memberikan nilai parameter AR yang lebih optimal sehingga dapat menghasilkan nilai *error* yang lebih kecil. Pada penelitian

ini, parameter AR yang akan dioptimasi adalah b_0 dan b_1 . b_0 dan b_1 adalah koefisien dari model AR, artinya partikel pada PSO memiliki dua dimensi dengan batas nilai berbeda. Parameter tersebut akan dioptimasi menggunakan iterasi PSO kemudian dipilih berdasarkan MSE yang terkecil.

Inisialisasi parameter sebagai partikel PSO meliputi posisi dan kecepatan awal dari partikel tersebut. Posisi awal dan partikel tersebut dibangkitkan secara acak, sedangkan kecepatan awal untuk semua partikel diberikan nilai nol karena posisi partikel belum ada pergerakan. Berdasarkan perhitungan menggunakan *Microsoft Excel* diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4. Inisialisasi Posisi Awal Partikel PSO

Partikel	b_0	b_1
1	0,691467	0,831547
2	0,560649	0,456192
3	0,99284	0,83884
4	0,137725	0,244750
5	0,898924	0,348628
6	0,432251	0,963376
7	0,60100	0,823494
8	0,318352	0,573316
9	0,984256	0,461371
10	0,477596	0,156358

4.8 Penentuan Nilai fungsi MSE dari posisi Awal Partikel PSO

Penentuan nilai fungsi MSE pada posisi awal partikel PSO sangat penting. Hal tersebut digunakan dalam menentukan posisi individu terbaik ($pBest$) dan posisi global terbaik ($gBest$). Nilai fungsi *fitness* yang digunakan pada penelitian ini, yaitu fungsi *Mean Square Error* (MSE).

Nilai MSE dapat diperoleh menggunakan rumus:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2$$

$$\hat{Z}_t = b_0 + b_1 Z_{t-1}$$

4.9 Perbaruan Kecepatan dan Posisi Setiap Partikel

Tabel 5. Hasil Nilai pBest pada iterasi ke-50

Partikel	$pBest(b_0)$	$pBest(b_1)$	fungsi MSE
1	0,357327	1,00148	0,740539232
2	0,413716	1,07129	16,79012101
3	0,270217	0,999372	0,600868833

4	0,505425	1,11714	41,90925734
5	0,340362	1,094615	13,94719963
6	0,301368	0,992452	0,530972005
7	0,383475	1,003808	0,892874126
8	0,466257	1,045892	8,400424123
9	0,321858	1,070167	15,61960017
10	0,438863	0,845698	53,85772575

Berdasarkan **Tabel 5** diperoleh posisi global terbaik (*gBest*) dari kumpulan *pBest*, yaitu partikel keenam karena memiliki nilai *fungsi MSE* terkecil. Berdasarkan penerapan Algoritma PSO dapat disimpulkan bahwa parameter b_0 dan b_1 pada penelitian ini yang telah dioptimalkan menggunakan algoritma PSO diperoleh $b_0 = 0,301368$, $b_1 = 0,992452$, $MSE = 0,5309$, dan $MAPE = 0,988$.

Jika dilihat dari estimasi OLS yang memperoleh nilai $MSE = 0,532$ dan optimasi algoritma PSO yang memperoleh nilai $MSE = 0,5309$ maka optimasi algoritma PSO yang terbaik karena mempunyai nilai MSE terkecil.

4.10 Peramalan

Berikut adalah hasil peramalan 30 periode kedepan menggunakan algoritma PSO dengan parameter $b_0 = 0,789549$ dan $b_1 = 0,983796$, yaitu:

Tabel 6. Hasil Peramalan

no	tanggal	Hasil Peramalan
1	26/01/2018	2641,031337
2	27/01/2018	2632,1454
3	28/01/2018	2623,341338
4	29/01/2018	2614,618311
5	30/01/2018	2605,975487
6	31/01/2018	2597,412045
7	01/02/2018	2588,927174
8	02/02/2018	2580,52007
9	03/02/2018	2572,18994
10	04/02/2018	2563,936
11	05/02/2018	2555,757475
12	06/02/2018	2547,653598
13	07/02/2018	2539,623612
14	08/02/2018	2531,666767
15	09/02/2018	2523,782323
16	10/02/2018	2515,969548
17	11/02/2018	2508,227717
18	12/02/2018	2500,556116
19	13/02/2018	2492,954038
20	14/02/2018	2485,420781
21	15/02/2018	2477,955656

22	16/02/2018	2470,557978
23	17/02/2018	2463,227071
24	18/02/2018	2455,962266
25	19/02/2018	2448,762904
26	20/02/2018	2441,62833
27	21/02/2018	2434,557898
28	22/02/2018	2427,55097
29	23/02/2018	2420,606913
30	24/02/2018	2413,725103

Dari **Tabel 4.** memperoleh nilai peramalan saham PT Perusahaan Gas Negara. Dengan nilai MAPE *in-sample* adalah 0,988 dan *out-sample* adalah 5,149 yang artinya kedua nilai MAPE tersebut mempunyai kinerja yang bagus melalui perhitungan menggunakan *Microsoft excel 2013*

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Estimasi OLS untuk harga saham PT Perusahaan Gas Negara adalah AR (1) Secara umum model AR (1) dinotasikan dengan

$$\sqrt{Z_t} = 0,18608 + 0,9963\sqrt{Z_{t-1}} + a_t$$
2. Dengan menggunakan algoritma PSO, diperoleh model

$$\sqrt{Z_t} = 0,301368 + 0,992452\sqrt{Z_{t-1}} + a_t,$$
3. Model AR(1) dengan estimasi OLS memperoleh nilai MSE = 0,532 dan MAPE = 0,993. Sedangkan, dengan menggunakan optimasi PSO memperoleh nilai MSE = 0,5309 dan MAPE = 0,988.
Jadi kesimpulannya adalah dikatakan bahwa optimasi PSO yang terbaik dikarenakan memperoleh nilai MSE yang lebih kecil.
4. Hasil Peramalan PT Perusahaan Gas Negara untuk 30 periode kedepan, yaitudari tanggal 26 Januari 2018 sampai dengan 24 Februari 2018 mengalami fluktuasi. Dengan perhitungan menggunakan *Microsoft Excel 2013* memperoleh nilai MAPE *in-sample* sebesar 0,988 dan *out-sample* sebesar 5,149 yang artinya kedua nilai MAPE tersebut mempunyai kinerja bagus

DAFTAR PUSTAKA

- Cryer, J. D., & Chan, K.-S. (2008). *Time Series Analysis With Application in R*. New york: Springer.
- Ekananda, M. (2016). *Analisis Ekonometrika Time Series*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Factmawati, M. (2015). Estimasi Parameter Autorgessive Integrated Moving Average Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization.
- Gujarati, D. (1978). *Ekonometrika Dasar*. Jakarta: Erlangga.
- Ismail, S. (2014). *Pengantar Bisnis*. Bandung: Erlangga.

- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & McGee, V. E. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan* (Jilid I, Edisi Kedua). (Terjemahan Ir. Hari Suminto) Jakarta: Bina Rupa Aksara.
- Rosadi, D. (2012). *Ekonometrika dan Analisis Runtun Waktu Terapan dengan Eviews*. Jogja: Andi.
- Santosa, B., & Ai, T. J. (2017). *Pengantar Metaheuristik Implementasi dengan Matlab*. Surabaya: ITS Tekno Sains.
- Soejoety, Z. (1987). *Materi Pokok Analisis Runtun Waktu*. Jakarta: Karunika.
- Tsay, R. S. (2005). *Analysis of Financial Time Series*. Chicago: John Wiley and Sons, Inc.
- Wartati, D., & Masruroh, N. (2016). *Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan dan Particle Swarm Optimization Untuk Permalan Indeks Harga Saham Bursa Efek Indonesia*. *Jurnal TeknoSains*, 6, 22-30.
- Wei, W. W. (2006). *Time Series Analysis, Univariate and Multivariate Methods*. Canada: Addison Wesley Publishing Company.
- Yafiz, M. (2008). *Saham dan Pasar Modal Syariah: Konsep, Sejarah dan Perkembangannya*. Medan: MIQOT.
- Zainun, Majid. (2003). *Low Cost House Demand Predictor*. Universitas Teknologi Malaysia