

PREDIKSI HARGA SAHAM MENGUNAKAN MODEL *JUMP DIFFUSION*

Isti Agustia Ilyas¹⁾, Entit Puspita²⁾, Dewi Rachmatin³⁾

^{1), 2), 3)} Departemen Pendidikan Matematika FPMIPA UPI

*Surel: istiagustia@gmail.com

ABSTRAK. Pergerakan harga saham pada dasarnya tidak dapat diprediksi secara pasti dan berfluktuasi seiring dengan bertambahnya waktu dan situasi yang berkembang, karena itu diperlukan model harga saham untuk periode yang akan datang. Salah satu metode yang digunakan untuk memprediksi harga saham di masa yang akan datang berdasarkan harga saham masa lalu adalah *Jump Diffusion Model*. Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah terbentuknya model *jump diffusion* untuk memprediksi harga saham Bank Negara Indonesia (persero) Tbk periode yang akan datang berdasarkan Persamaan Diferensial Stokastik (PDS) dan Proses Ito. Model dan prediksi harga saham yang diperoleh memiliki *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 1,761%, sehingga akurasi prediksi atau peramalan harga saham termasuk ke dalam kategori sangat baik.

Kata Kunci: *Jump Diffusion Model*, *Return Saham*, *Investasi*, *Prediksi Harga Saham*, *Persamaan Diferensial Stokastik (PDS)*, *Proses Ito*.

ABSTRACT. Stock price movements are basically unpredictable and fluctuate as time and situation grow, therefore a stock price model is needed for the coming period. One method used to predict future stock prices based on past stock prices is the *Jump Diffusion Model*. The conclusion of writing this paper is the derivative of *jump diffusion model* to predict the future stock price of Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk based on *Stochastic Differential Equation (SDE)* and *Process Ito*. The model and stock price predictions obtained have *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* of 1.761%, so prediction accuracy or stock price forecasting fall into very good category.

Keywords: *Jump Diffusion Model*, *Stock Return*, *Investment*, *Stock Price Prediction*, *Stochastic Differential Equation (SDE)*, *Ito Process*.

1. PENDAHULUAN

Investasi merupakan hal yang berkembang pesat di perekonomian masyarakat. Investasi adalah penanaman modal yang dilakukan investor dengan tujuan untuk memperoleh keuntungan. Potensi memperoleh keuntungan yang besar dalam waktu yang singkat menjadi daya tarik terbesar bagi investor. Contoh investasi yang paling banyak diperdagangkan di pasar modal adalah saham. Keuntungan yang diperoleh dari investasi saham dapat dilihat dari nilai *return*, di mana nilai *return* dipengaruhi oleh perubahan harga saham. *Return* memiliki dua komponen yaitu *current income* dan *capital gain*. Karena pergerakan harga saham pada dasarnya tidak dapat diprediksi secara pasti, maka diperlukan model matematis tentang pergerakan harga saham tersebut.

Salah satu metode yang digunakan untuk memprediksi harga saham di masa yang akan datang berdasarkan harga saham masa lalu adalah *Jump Diffusion Model*. Prediksi harga saham menggunakan model *Jump Diffusion* dapat digunakan oleh pihak investor untuk mengambil kebijakan yang strategis ke depannya dalam transaksi jual beli saham. Perubahan harga saham dari waktu ke waktu sangat berpengaruh bagi para investor. Perubahan harga tersebut menentukan apakah sebuah saham akan dijual atau dibeli. Seperti diketahui bahwa harga saham berfluktuasi seiring dengan bertambahnya waktu dan situasi yang berkembang, karena itu diperlukan model harga saham untuk periode yang akan datang.

2. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ilmiah harus dilakukan teknik penyusunan yang sistematis untuk memudahkan langkah-langkah yang akan diambil. Begitu pula yang dilakukan penulisan dalam penelitian ini, langkah pertama yaitu dengan melakukan studi literatur pada buku-buku yang membahas tentang *Jump Diffusion* dan jurnal.

3. JUMP DIFFUSION MODEL

Sebelum penentuan model harga saham *Jump Diffusion* yang memadai untuk data saham yang dimiliki, cermati terlebih dahulu apakah data *return* saham terindikasi adanya *jump* atau tidak. Karena untuk menganalisis data saham dengan model *Jump Diffusion*, asumsi adanya *jump* pada data *return* saham harus

dipenuhi. Terdapat beberapa tahap dalam menentukan model harga saham *Jump Diffusion* yang akan dijelaskan berikutnya.

Pengambilan Data

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data harga saham Bank Negara Indonesia Persero Tbk. Data yang digunakan adalah data harga saham periode 19 September 2016 sampai dengan 29 September 2017 yang diambil dari website <http://finance.yahoo.com/quote/BBNI.JK>. Setelah memperoleh data, hal selanjutnya yang dilakukan yaitu menentukan data *in sample* dan *out sample*.

Perhitungan Nilai Return dan Volatilitas Saham

Terdapat dua pendekatan dalam perhitungan *return* (Jorion, 2007), yaitu:

i. *The arithmetic* atau *discrete rate of return*

$$R_t = \frac{X_t - X_{t-1}}{X_{t-1}} \quad (1)$$

ii. *Geometric rate of return*

$$R_t = \ln \frac{X_t}{X_{t-1}} \quad (2)$$

dimana R_t menyatakan *rate of return* pada waktu ke- t , X_t menyatakan nilai *asset* pada waktu ke- t , dan X_{t-1} menyatakan nilai *asset* pada waktu ke- $(t - 1)$.

Pada penelitian ini *return* harga saham ditentukan dengan menggunakan pendekatan *geometric rate of return*.

Menurut Hull (2009), volatilitas harga saham dapat didefinisikan sebagai nilai standar deviasi dari *return* saham. Jika terdapat sejumlah n *return*, maka nilai ekspektasi *return* dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R(t_i) \quad (3)$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (R(t_i) - \bar{R})^2 \quad (4)$$

Akar dari S^2 (variansi) merupakan volatilitas harga saham.

Proses pergerakan harga saham mengikuti proses Wiener dan proses Poisson, sehingga dari data harga saham yang diperoleh akan ditentukan nilai *return* saham. Perhitungan nilai *return* dan volatilitas saham dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Microsoft Excel 2016 berdasarkan persamaan *geometric of return* (2) dan persamaan volatilitas harga saham (4).

Pemotongan *Jump* pada Data *Return* Saham

Perhitungan nilai *skewness* dan nilai kurtosis adalah sebagai berikut (Surya dan Situngkir, 2006):

$$\gamma_1 = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^3}{\sigma^3} \quad (5)$$

$$\gamma_2 = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^4}{\sigma^4} \quad (6)$$

Metode *Peak Over Threshold* (POT) adalah metode untuk mengidentifikasi nilai ekstrim dengan menggunakan patokan atau disebut *threshold* (u). Data yang melebihi patokan tersebut akan diidentifikasi sebagai nilai ekstrim. Perhitungan jumlah *worse case* data dengan *extreme value* menggunakan metode *Peak Over Threshold* dengan langkah-langkah sebagai berikut: (1) Mengurutkan data dari yang terbesar hingga yang terkecil, (2) Menghitung banyaknya data ekstrim

$$k = 10\% \times n \quad (7)$$

dimana k menyatakan jumlah data ekstrim dan n menyatakan banyaknya data, (3) Menentukan nilai *threshold* (u) yaitu $u = k + 1$, dan (4) berdasarkan data *return in sample* dilakukan pemotongan k data terendah dan k data tertinggi untuk dilanjutkan ke prosedur berikutnya.

Setelah melakukan perhitungan nilai *return* saham, hal selanjutnya yaitu menghitung nilai kurtosis dengan menggunakan bantuan *software* SPSS 20 dan perhitungan pemotongan *jump* menggunakan *Peak Over Threshold* (POT). Apabila kurtosis bernilai lebih besar dari 3 (ekor gemuk/*leptokurtosis*) maka terindikasi adanya lompatan.

Estimasi Parameter

Model *Jump Diffusion* memiliki 5 parameter yaitu α , σ , λ , μ , δ . Parameter α dan σ diestimasi berdasarkan data *return* saham, untuk parameter λ diestimasi berdasarkan data pemotongan *jump*, sedangkan untuk parameter μ , dan δ diestimasi berdasarkan data selisih *jump*.

Jump Diffusion Model

Jump diffusion model adalah salah satu model yang diakibatkan oleh gerak Brownian Geometrik yang kontinu menuju ke S_t . Model ini berfungsi ketika keadaan harga aset yang bergerak cepat. *Jump diffusion* model termasuk ke dalam proses stokastik yang kontinu. *Jump diffusion* dikenal juga dengan sebut model *Geometric Brownian Motion* (GBM) *With Jump* dengan adanya lompatan (*jump*) pada harga saham masa lalu. Proses stokastik adalah himpunan peubah acak $X(t)$ untuk setiap t anggota himpunan indeks T .

Persamaan Diferensial Stokastik (PDS)

Persamaan diferensial stokastik untuk model *Jump Diffusion* dituliskan sebagai berikut:

$$dX_t = \alpha(t, X_t)dt + \sigma(t, X_t) dW_t + (t, X_t) dJ_t \quad (13)$$

dimana X_t menyatakan proses stokastik, W_t menyatakan proses Wiener Baku ($N(0,1)$), J_t menyatakan proses *jump*, t menyatakan jangka waktu, $\alpha(t, X_t)$ menyatakan koefisien *drift*, dan $\sigma(t, X_t)$ menyatakan koefisien *diffusion*.

Proses Ito *Jump Diffusion*

Proposisi. *Persamaan Itô untuk proses Jump Diffusion*

Misalkan X proses difusi dengan *jump*, definisikan sebagai penjumlahan dari drift, integral stokastik Brownian dan proses Poisson (Cont dan Tankov, 2004:264):

$$X_t = X_0 + \int_0^t \alpha_s ds + \int_0^t \sigma_s dW_s + \sum_{i=1}^{N_t} \Delta X_i, \quad (14)$$

kemudian, untuk setiap fungsi $f: [0, T] \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$, proses $G = G(t, X_t)$ dapat direpresentasikan menjadi:

$$\begin{aligned} G(t, X_t) - G(0, X_0) &= \int_0^t [\alpha_s \frac{\partial f}{\partial x}(s, X_s)] ds + \frac{\partial f}{\partial s}(s, X_s) \\ &+ \frac{1}{2} \int_0^t \sigma_s^2 \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(s, X_s) ds + \int_0^t \frac{\partial f}{\partial x}(s, X_s) \sigma_s dW_s \\ &+ \sum_{\{i \geq 1, T_i \leq t\}} [G(X_{T_i-} + \Delta X_i) - G(X_{T_i-})]. \end{aligned} \quad (15)$$

Demikian sehingga persamaan diferensial stokastik dengan *jump* diberikan pada rumus (13). W_t merupakan gerak Brown Standard. J_t adalah proses *jump* standard yang didefinisikan sebagai:

$$J(t) = \sum_{j=1}^{N_T} (Y_j - 1) \quad (16)$$

$$\text{dan } dJ(t) = (Y_{N(t)} - 1) dN(t) \quad (17)$$

dengan N_t adalah proses Poisson dengan intensitas λ dengan W_t , N_t , dan Y_j saling independen. Sedangkan W_t merupakan Gerak Brown serta nilai μ dan σ adalah parameter dari X dan t . Berdasarkan Proses Itô untuk *jump diffusion model* di persamaan (15), jika terdapat fungsi $G = G(X, t)$, maka fungsi G akan mengikuti persamaan berikut:

$$dX = \left(\frac{\partial G}{\partial X_t} \alpha X_t + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 G}{\partial X_t^2} \sigma^2 X_t \right) dt + \frac{\partial G}{\partial X_t} \sigma X_t dW_t + (G(X_{t-} + \Delta X_t) - G(X_{t-})) \quad (18)$$

Misal fungsi $G = \ln X_t$,

dengan $\frac{\partial G}{\partial X_t} = \frac{1}{X_t}$, $\frac{\partial^2 G}{\partial X_t^2} = -\frac{1}{X_t^2}$, $\frac{\partial G}{\partial t} = 0$, maka diperoleh:

$$dX = \left(\alpha - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma dW_t + (G(X_{t-} + \Delta X_t) - G(X_{t-})) \quad (19)$$

jika perubahan harga saham periode berjalan dengan periode sebelumnya adalah satu hari dengan $t_0 < t_1 < t_2 < \dots < t_n$, maka berdasarkan proses persamaan (19) dan (13) diperoleh:

$$\begin{aligned} \int_{t_{i-1}}^{t_i} dX &= \int_{t_{i-1}}^{t_i} \left(\alpha - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \int_{t_{i-1}}^{t_i} \sigma dW_t \\ &+ \sum_{\{i \geq 1, T_i \leq t\}} [G(X_{T_i-} + \Delta X_i) \\ &- G(X_{T_i-})] \end{aligned} \quad (20)$$

Berdasarkan proporsi, Proses Wiener, dan Definisi 2.5.2 didapatkan model akhir harga saham dengan *Jump Diffusion Model* sebagai berikut (Maruddani dan Trimono, 2017:40):

$$\hat{X}(t_i) = \hat{X}(t_{i-1}) \exp \left[\left(\hat{\alpha} - \frac{\hat{\sigma}^2}{2} - \hat{\lambda} \right) (t_i - t_{i-1}) + \hat{\sigma} \sqrt{t_i - t_{i-1}} Z_{i-1} + N_i \right] \quad (21)$$

Prediksi Harga Saham dan Perhitungan MAPE

Menurut Shcherbakov (2013:172), MAPE merupakan metode yang untuk mengevaluasi nilai peramalan dengan mempertimbangkan pengaruh besarnya nilai aktual. Nilai MAPE ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} \times 100\% \quad (22)$$

dimana

$$|e_t| = \left| \frac{A_t - \hat{X}(t_i)}{A_t} \right| \quad (23)$$

dengan A_t merupakan nilai aktual periode ke t , $\hat{X}(t_i)$ merupakan nilai prediksi pada waktu ke- t , dan n menyatakan banyaknya data observasi.

Tabel 1: Akurasi Peramalan MAPE

Nilai MAPE	Akurasi Peramalan
<10%	Akurasi peramalan sangat baik
11%-20%	Akurasi peramalan baik
21%-50%	Akurasi peramalan masih dalam batas wajar
>51%	Akurasi peramalan tidak akurat

Berdasarkan model harga saham *jump diffusion* yang telah didapat, dilakukan prediksi harga saham Bank Negara Indonesia Persero Tbk dan berdasarkan persamaan (22) dan (23) dilakukan juga perhitungan MAPE prediksi harga saham Bank Negara Indonesia Persero Tbk menggunakan *software* Microsoft Excel 2016.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang akan diolah adalah data *in sample* harga saham periode 19 September 2016 sampai 24 Agustus 2017. Setelah mendapatkan data harga saham, tahap pertama yang dilakukan yaitu perhitungan nilai *return* berdasarkan persamaan *geometric of return* (2), selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata *return*, standar deviasi *return*.

Selanjutnya setelah melakukan perhitungan rata-rata *return* dan volatilitas saham dilakukan pemotongan Berdasarkan *output* SPSS 20 bahwa nilai kutosis yaitu $4,321 > 3$, sehingga dapat disimpulkan data *return* saham terindikasi adanya *jump*. Selanjutnya, karena data *return* saham terindikasi adanya *jump*, maka dilakukan perhitungan jumlah *worse case data* dengan *extreme value* menggunakan metode *Peak Over Treshold* dengan perhitungan sebagai berikut: Menghitung banyaknya data ekstrim berdasarkan persamaan (7):

$$k = 10\% \times n = 10\% \times 236 = 23.6 \approx 24$$

dan menentukan nilai *threshold* (u) yaitu $u = k + 1 = 25$. Berdasarkan data *return in sample* yang telah diurutkan, dilakukan pemotongan 24 data terendah dan 24 data tertinggi. Berdasarkan pemotongan data tersebut diperoleh 48 data *jump* yang akan dihitung rata-rata dan selisihnya.

Tabel 3: Estimasi Parameter *Jump Diffusion*

Parameter	Nilai
Drift <i>return</i> (α)	0.001808
Volatilitas <i>return</i> (σ)	0.014476
Intensitas <i>jump</i> (λ)	0.001097
Rata-rata selisih <i>jump</i> (μ)	0.00263
Standar deviasi selisih <i>jump</i> (δ)	0.0075478

Berdasarkan model dalam persamaan (21) diperoleh model akhir harga saham Bank Negara Indonesia Persero Tbk:

$$\hat{X}(t_i) = \hat{X}(t_{i-1}) \exp \left[\left(0.001808 - \frac{0.014476^2}{2} - 0.001097 \right) (t_i - t_{i-1}) + 0.014476 \sqrt{t_i - t_{i-1}} Z_{i-1} + N_i \right]$$

Berdasarkan model harga saham *jump diffusion* yang telah didapat, dilakukan prediksi harga saham dan perhitungan MAPE Bank Negara Indonesia Persero Tbk menggunakan *software* Microsoft Excel 2016 dengan hasil ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4: Hasil Prediksi Harga Saham *Jump Diffusion*
Periode 25 Agustus – 29 September 2017

Periode	Tanggal	Prediksi	Aktual
0	8/24/2017	7425	
1	8/25/2017	7362.02	7425
2	8/28/2017	7378.49	7375
3	8/29/2017	7379.918	7350
4	8/30/2017	7492.435	7350
5	8/31/2017	7464.172	7350
6	9/1/2017	7466.246	7350
7	9/4/2017	7542.441	7200
8	9/5/2017	7627.943	7225
9	9/6/2017	7600.457	7200
10	9/7/2017	7613.473	7300
11	9/8/2017	7528.317	7225
12	9/11/2017	7429.126	7225
13	9/12/2017	7368.443	7250
14	9/13/2017	7424.955	7250
15	9/14/2017	7445.691	7250
16	9/15/2017	7519.034	7275
17	9/18/2017	7457.759	7250
18	9/19/2017	7590.437	7350
19	9/20/2017	7563.11	7375
20	9/21/2017	7411.333	7375
21	9/22/2017	7320.132	7475
22	9/25/2017	7333.759	7500
23	9/26/2017	7260.033	7400
24	9/27/2017	7269.618	7275
25	9/28/2017	7366.605	7300
26	9/29/2017	7397.222	7400

Tahap selanjutnya menghitung nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) prediksi untuk mengetahui tingkat akurasi model *Jump Diffusion* dalam memprediksi harga saham. Berdasarkan persamaan (22) dan (23) perhitungan nilai *error* dari prediksi harga saham model *Jump Diffusion* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} MAPE &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - \hat{X}(t_i)}{A_t} \right| \times 100\% \\ &= \frac{1}{61} \left[\left| \frac{7425 - 7362.02}{7425} + \frac{7375 - 7378.49}{7375} + \dots + \frac{7400 - 7397.222}{7400} \right| \right] \\ &\quad \times 100\% \\ &= |-0.01761| \times 100\% = 1.761\% \end{aligned}$$

MAPE untuk hasil prediksi harga saham yaitu sebesar 1.761%, maka berdasarkan Tabel 1 akurasi hasil prediksi harga saham termasuk ke dalam kategori sangat baik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, berikut kesimpulan dari penulis mengenai penelitian ini:

1. Model harga saham Bank Negara Indonesia Persero Tbk yang terbentuk melalui Metode *Jump Diffusion* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \hat{X}(t_i) &= \hat{X}(t_{i-1}) \exp \left[\left(0.001808 - \frac{0.014476^2}{2} - 0.001097 \right) (t_i \right. \\ &\quad \left. - t_{i-1}) + 0.014476 \sqrt{t_i - t_{i-1}} Z_{i-1} + N_i \right] \end{aligned}$$

2. Hasil prediksi harga saham Bank Negara Indonesia Persero Tbk periode 25 Agustus 2017 sampai 29 September 2017 dari model *Jump Diffusion* yang ditunjukkan pada Tabel 4 menghasilkan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 1,761%, sehingga disimpulkan bahwa akurasi prediksi atau peramalan harga saham termasuk ke dalam kategori sangat baik.

Pada penelitian ini dibahas mengenai prediksi harga saham menggunakan *Jump Diffusion*. Untuk penelitian selanjutnya, penulis memberi beberapa saran diantaranya (1) Perhitungan prediksi harga saham menggunakan *Jump Diffusion* dapat dimodelkan menggunakan bahasa pemrograman *software* R dan Matlab, (2) diperlukan analisis lebih lanjut mengenai *Value at Risk* (VaR) sehingga dapat diketahui risiko dalam transaksi jual beli saham.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cont, R. dan Tankov, P. (2004). *Financial Modeling with Jump Processes*. Chapman & Hall/CRC Financial Mathematics Series.
- [2] Hull, J. C. (2009). *Options, Futures, and Other Derivative Securities*. Seventh Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- [3] Jorion, P. (2007). *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. New York: McGraw-Hill.
- [4] Shcherbacov. (2013). A Survey of Forecast Error Measures. *World Applied Science Journal*. Vol 3(24), 171-176.
- [5] Surya, Y. dan Situngkir, H. (2006). *Value at Risk Yang Memperhatikan Sifat Statistika*