

RENEWABLE STOCK PRICE MODEL SEBAGAI PENDUKUNG INVESTASI SAHAM: STUDI KASUS SAHAM JII

Evita Purnaningrum¹

¹Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

¹purnaningrum@unipasby.ac.id

Abstract

Stock investors want accurate and fast stock price estimates. Until now, the stock price prediction or estimation still uses different models for different stocks. This is less effective if we want to predict all stocks on a stock index. Renewable Stock Price Model is an estimate of stock prices that combines mathematical models, namely Geometric Brownian Motion (GBM) with Kalman filters. This model is able to estimate all stocks on one index in this case JII. This is evidenced by the estimated level of accuracy of 96.04%. Therefore, this method answers investor anxiety in making stock investment decisions in one index. The estimated difference in return and real shares is 23 rupiah in May 2017.

Keywords: Investment, Stock Price, Kalman filter, Geometric Brownian Motion

Abstrak


Investor saham menginginkan estimasi harga saham yang akurat dan cepat. Hingga sampai saat ini prediksi atau estimasi harga saham masih menggunakan model berbeda-beda untuk saham yang berbeda. Hal ini kurang efektif jika kita menginginkan memprediksi seluruh saham pada suatu indeks saham. Renewable Stock Price Model merupakan estimasi harga saham yang menggabungkan antara model matematika yaitu Geometric Brownian Motion (GBM) dengan Kalman filter. Model ini mampu mengestimasi seluruh saham pada satu indeks dalam hal ini adalah JII. Hal tersebut dibuktikan dengan tingkat akurasi estimasi sebesar 96,04%. Oleh karena itu, metode ini menjawab kegelisahan investor dalam pengambilan keputusan investasi saham dalam satu indeks. Selisih return hasil estimasi dan saham real sebesar 23 rupiah pada bulan Mei 2017.

Kata Kunci: Investasi, Harga Saham, Estimasi, Kalman filter, Geometric Brownian Motion

PENDAHULUAN

Investasi saham masih menjadi andalan masyarakat sebagai investasi jangka panjang mereka. Para investor menduga atau memperkirakan harga saham yang akan datang sehingga memperoleh keuntungan atau *Expected Return*. Nilai Return yang diterima oleh investor bergantung pada pergerakan nilai saham yang akan datang. Untuk itu diperlukan penelitian yang dapat membantu para investor untuk memperkirakan harga saham yang akan datang sehingga investor dapat memperoleh return yang diharapkan. Salah satu cara memperkirakan harga saham adalah dengan menggunakan model matematika.

Salah satu yang terpenting dalam pasar saham adalah bagaimana memprediksi pergerakan harga saham. Karakteristik nonlinier dan nonstasioner dari saham menyulitkan untuk dilakukan peramalan. Berbagai macam teknik dan metode telah diterapkan untuk



memprediksi harga saham dari menggunakan metode tradisional hingga memanfaatkan big data. Metode-metode tersebut terus berkembang dan dimodifikasi untuk memperoleh prediksi yang akurat. Prediksi harga saham masih banyak dilakukan dengan berbagai metode yang telah dikembangkan dari sebelumnya. Penelitian yang menggunakan model time series antara lain (Chi, 2018), (Laurent, 2018), (Ashik, 2019). Model Artificial Intelligence adalah (Pai, 2005), (Kara, 2011), (Chen, 2015), (Basak, 2018), (Efendi, 2018). Model Ekonometrik adalah (Rounaghi, 2015), (Blau, 2017), (Gupta, 2017). Beberapa penelitian yang menggunakan big data (Skuzka, 2015), (Jeon, 2018), (Weng, 2018), (Rosati, 2018), dan (Zhang, 2018).

Namun pada kenyataannya investor maupun perusahaan menginginkan tidak hanya memprediksi satu saham saja, tetapi beberapa saham yang berada pada suatu jenis index. Masih belum banyak penelitian yang menggunakan satu model untuk memprediksi beberapa saham. Jika memaksakan menerapkan metode-metode yang sudah ada memerlukan waktu yang lama dalam hal komputasi, karena setiap saham yang berbeda menggunakan model yang berbeda juga. Namun jika hanya menggunakan satu model untuk seluruh saham tidak memungkinkan karena sifat saham yang tidak konsisten dan fluktuatif. Model matematika yang sering digunakan untuk memprediksi harga sama adalah model Geometric Brownian Motion. Beberapa peneliti yang menggunakan model ini adalah (Khamis, 2017), (Reddy, 2016), (Agustini, 2018) namun nilai error yang dihasilkan masih besar. Solusi untuk meminimalkan error adalah menggunakan metode Kalman filter. Keuntungan penggunaan metode Kalman filter adalah pada proses komputasi karena menggunakan algoritma statistik sederhana (Wilcox, 2017).

Tujuan utama dari artikel ini adalah menganalisa keefektifan estimasi harga saham menggunakan model brownian berbasis Kalman filter. Berdasarkan (Antwi, 2017) tingkat akurasi perkiraan harga saham menggunakan metode Geometric Brownian Motion (GBM) adalah 93,79% lebih tinggi jika dibandingkan dengan menggunakan metode *Neural Network*. Sedangkan, Kalman filter sering digunakan estimasi pada kasus sistem kontrol, robot, navigasi, tracking, dsb. Integrasi antara model GBM dan Kalman filter merupakan kebaruan dari model estimasi harga saham yang nantinya dapat membantu para investor mengambil keputusan dalam investasi saham. Perkiraan pergerakan harga saham menggunakan satu model untuk beberapa saham sejauh pengetahuan peneliti masih belum pernah dipelajari. Kontribusi lain dari makalah ini adalah membantu para investor untuk memperbaiki portofolio mereka hanya dengan sekali komputasi. Pada akhirnya, bagi keilmuan dapat mendorong para peneliti untuk menggunakan metode Kalman filter pada bidang ekonomi dan keuangan.

Artikel ini disusun sebagai berikut: Bagian selanjutnya menyajikan penjelasan singkat mengenai kerangka teoritis dan penelitian terdahulu yang berhubungan dengan estimasi harga saham, Section 3, menjelaskan metode yang digunakan untuk memprediksi harga saham, pengukuran kinerja algoritma. Section 4, menyajikan dan membahas hasilnya. Bagian terakhir, section 5, kesimpulan dan keterbatasan penelitian dan saran bidang yang dapat diteliti selanjutnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Prediksi harga saham telah dibahas semenjak tahun 90an silam. Penelitian ini mengalami perkembangan metode seiring dengan berkembangnya waktu, hingga saat ini pada area digital, prediksi harga saham juga memanfaatkan big data. Berikut ulasan beberapa penelitian tentang prediksi harga saham dan hasil akurasi pengukurannya. (Ashik, 2019) membandingkan beberapa sektor saham pada saham nasional Nifty 50 dengan pendekatan Box-Jenkins, hasilnya adalah saham sektor energi memiliki nilai error terkecil dibanding saham lainnya dengan mean absolute error 0.745. Perbandingan tiga model berbeda yaitu GARCH, GJR-GARCH dan Fuzzy GARCH pada beberapa kasus indeks saham diperoleh bahwa RMSE masing-masing model antara 0.3075 hingga 1.203 (Chen, 2015). (Gupta, 2017) menggunakan model VAR Qual untuk memprediksi return harga saham dan minyak, hasil yang diperoleh adalah model VAR Qual mengungguli model AR dan VAR. Model Jaro-Winkler distance dengan SAX sebagai model prediksi yang akurat dengan RMSE terkecil 291.6 dengan memanfaatkan big data (Jeon, 2018). (Pai, 2005) telah melakukan penelitian mengenai metode hibrida yaitu penggabungan model tradisional ARIMA dengan SVM untuk meramalkan harga saham dengan hasil dapat mengurangi error dari peramalan. (Rounaghi, 2015) melakukan pendekatan MARS untuk estimasi saham dengan menggunakan 40 variabel ekonomi dan akuntansi.

Tabel 1 Penelitian Terdahulu Berdasarkan Metode dan Permasalahan

Reference	Metode Estimasi	Permasalahan
Chi, W. L 2018	ARMA	Peramalan jangka pendek harga penutupan saham dari shanghai composite index.
Ashik, A. M., & Kannan, K. S 2019	ARIMA	Penentuan model terbaik dengan mencari nilai MAPE terkecil dari 7 Sektor di Saham

Reference	Metode Estimasi	Permasalahan
Pai, P. F., & Lin, C. S 2005	ARIMA, SVM, Hybrid model	Nifty50. Perbandingan tiga model peramalan untuk 10 harga saham dan memperoleh nilai RMSE pada tiap saham dari tiga model tersebut.
Kara, Y 2011.	ANN and SVM	Prediksi arah dan perbandingan dua model pergerakan harga saham pada Istanbul Stock Exchange.
Chen, M. Y., & Chen, B. T. 2015	Fuzzy time series model based on the granular computing	Permalan empat harga saham dengan menggunakan fuzzy time series model berdasarkan granular computing dan perbandingan hasil model hyybrid uzzy dengan metode ekonometrik tradisional.
Efendi, R et al 2018	FR-AR	Model FR-AR dengan dua input yang berbeda (Type-1 and Type-2) untuk menukur performa harga saham KLSE 2009.
Yan Xu, Guosheng Zhang 2015	EnKf	Estimasi harga saham menggunakan Kalman filter dengan model manuevering sistem untuk satu harga saham
DF Karya, P Katias dan T Herlambang 2018	EnKf	Estimasi harga saham menggunakan Kalman filter dengan model kubik untuk satu harga saham

Model Geometric Brownian

Brownian Motion atau Gerakan Brown $W(t)$ juga sering disebut sebagai Wiener Proses merupakan fungsi matematika yang digunakan sebagai perhitungan ketidakpastian dalam perilaku masa depan dari proses stokastik dan memiliki sifat-sifat berikut:

1. Independensi kenaikan fungsi $W(t) - W(s)$, untuk $t > s$, tidak tergantung pada masa lalu
2. $W(t) - W(s)$ berdistribusi Normal dengan rata-rata 0 dan varians $t - s$. Jika $s = 0$ maka $W(t) - W(0) \sim N(0, t)$
3. $W(t)$, $t \geq 0$ adalah fungsi kontinu dari t .

Gerakan Brownian digunakan oleh Louis Bachelier untuk memodelkan harga saham. Bachelier memperhitungkan harga saham $S(t)$, $B(t)$ adalah Brownian Motion atau Wiener Proses, μ adalah return dari harga saham, σ adalah volatility dari harga saham. Model harga saham berdasarkan Geometric Brownian Motion adalah sebagai berikut:

$$dS(t) = \mu S(t)dt + \sigma S(t)dW(t) \quad (1)$$

a. Solusi Analitik dari Geometric Brownian Motion

Penyelesaian analitik dari GBM (persamaan differensial order satu) menggunakan Ito formula sebagai berikut (Antwi, 2017):

$$dS(t) = \mu S(t)dt + \sigma S(t)dW(t)$$

$$\frac{dS(t)}{S(t)} = \mu dt + \sigma dW(t)$$

By Ito formula for Ito process

$$d(\ln S(t)) = f'dS(t) + \frac{1}{2}f''\sigma^2(t)dt$$

Selanjutnya

$$d(\ln S(t)) = \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)dt + \sigma dW(t)$$

Integralkan dua sisi untuk memperoleh solusi analitik sebagai berikut:

$$\ln S(t) = \ln S(0) + \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t + \sigma W(t)$$

$$\frac{S(t)}{S(0)} = e^{(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2)t + \sigma W(t)}$$

$$S(t) = S(0)e^{(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2)t + \sigma W(t)}$$

sehingga diperoleh solusi analitik sebagai berikut

$$S(t) = S(0) \exp\left(\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t + \sigma W(t)\right) \quad (2)$$

b. Persamaan Numerik dari Geometric Brownian Motion

Persamaan numerik GBM diperoleh dari pendikritisasian model GBM dengan menggunakan metode beda hingga (Euler Method).

$$f'(x) = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

Persamaan GBM

$$dS(t) = \mu S(t)dt + \sigma S(t)dW(t)$$

Selanjutnya

$$\frac{dS(t)}{dt} = \mu S(t) + \sigma S(t) \frac{dW(t)}{dt}$$

Metode beda hingga digunakan untuk menumerikkan persamaan di atas sehingga:

$$\frac{S(t + 1) - S(t)}{\Delta t} = \mu S(t) + \sigma S(t) \frac{W(t + 1) - W(t)}{\Delta t}$$

$$S(t + 1) = (1 + \mu\Delta t + \sigma(W(t + 1) - W(t)))S(t)$$

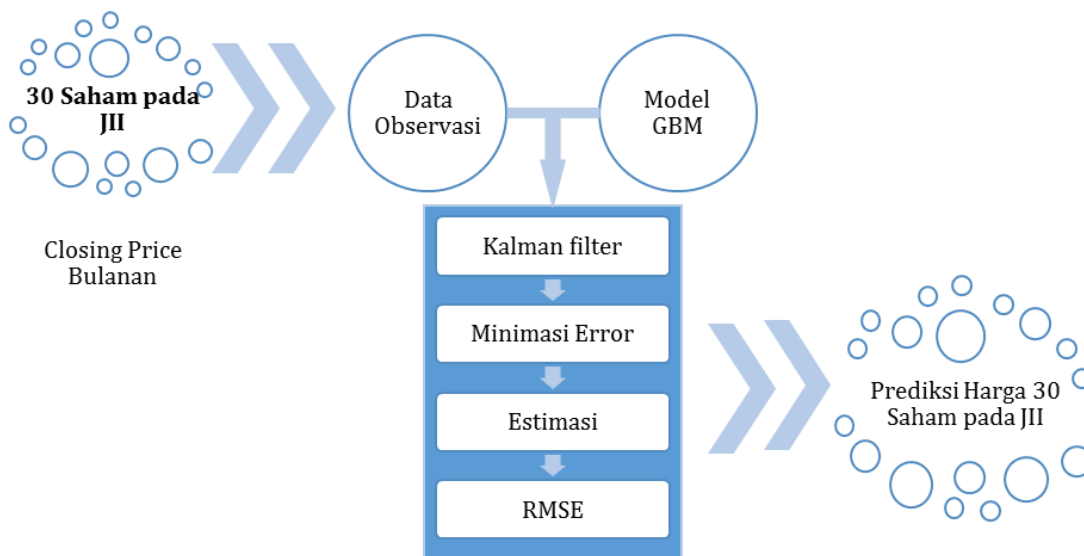
Sehingga diperoleh persamaan numerik dari model GBM adalah sebagai berikut:

$$S(t + 1) = (1 + \mu\Delta t + \sigma(W(t + 1) - W(t)))S(t) \tag{3}$$

Berdasarkan sifat dari Winer proses $W(t + 1) - W(t)$ berdistribusi normal dengan rata-rata 0 dan varians 1. $W(t + 1) - W(t) \sim N(0, (t + 1) - t)$. Persamaan numerik ini digunakan sebagai model state space metode Kalman filter.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan model matematika dan metode estimasi Kalman filter. Hasil dari numerisasi model matematika GBM digunakan sebagai model state space pada Kalman filter. Gambaran umum atau flowchart penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Flowchart Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data 30 saham JII dari Januari 2012 hingga Mei 2017. Data yang diambil bersifat bulanan, data yang diprediksi adalah harga pada saat penutupan (Closing Price) karena harga penutupan yang menentukan seberapa banyak return yang diperoleh investor. Perusahaan yang tergabung dalam indeks JII periode Desember 2016-Mei 2017 digunakan sebagai perusahaan yang akan diprediksi harga penutupan sahamnya. Algoritma Kalman filter untuk prediksi saham mengikuti alur pada gambar 2. Estimasi Kalman filter menggunakan bantuan software Matlab.

Algoritma Kalman filter

Initial Value

$$\mu, \sigma, \Delta t, Q, R$$

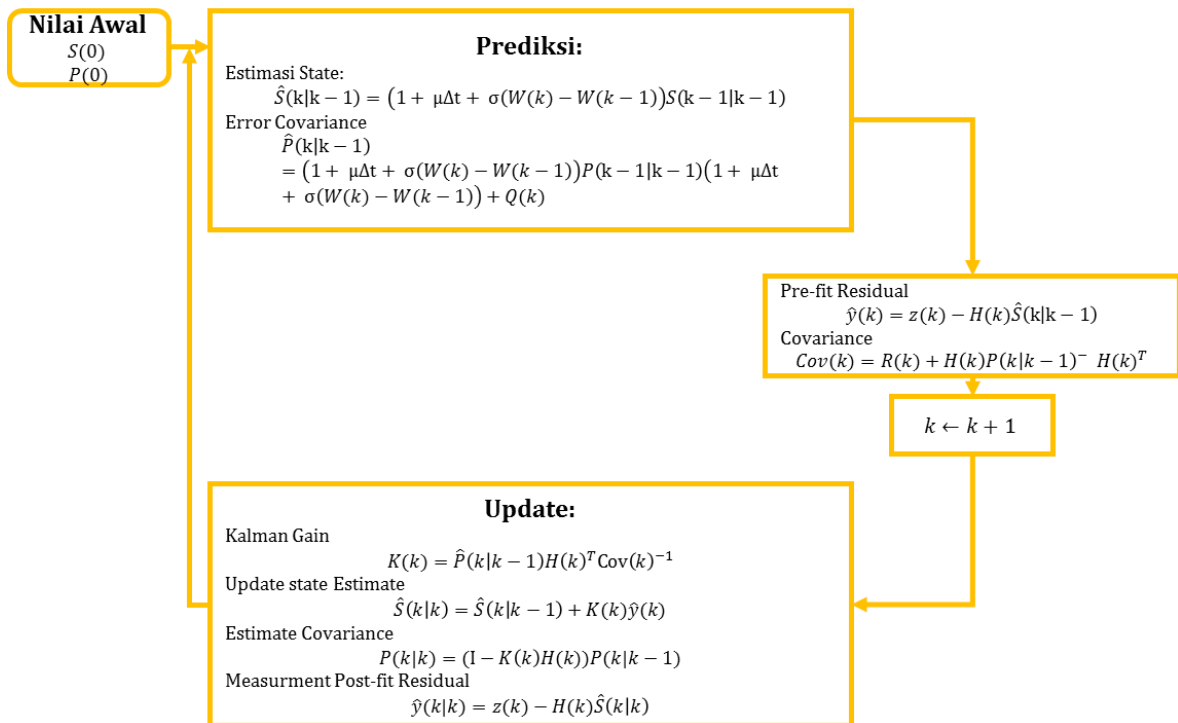
k=1:n

Model Sistem :

$$S(k) = (1 + \mu\Delta t + \sigma(W(k) - W(k - 1)))S(k - 1) + w(k)$$

Observasi :

$$z(k) = H(k)S(k) + v(k)$$

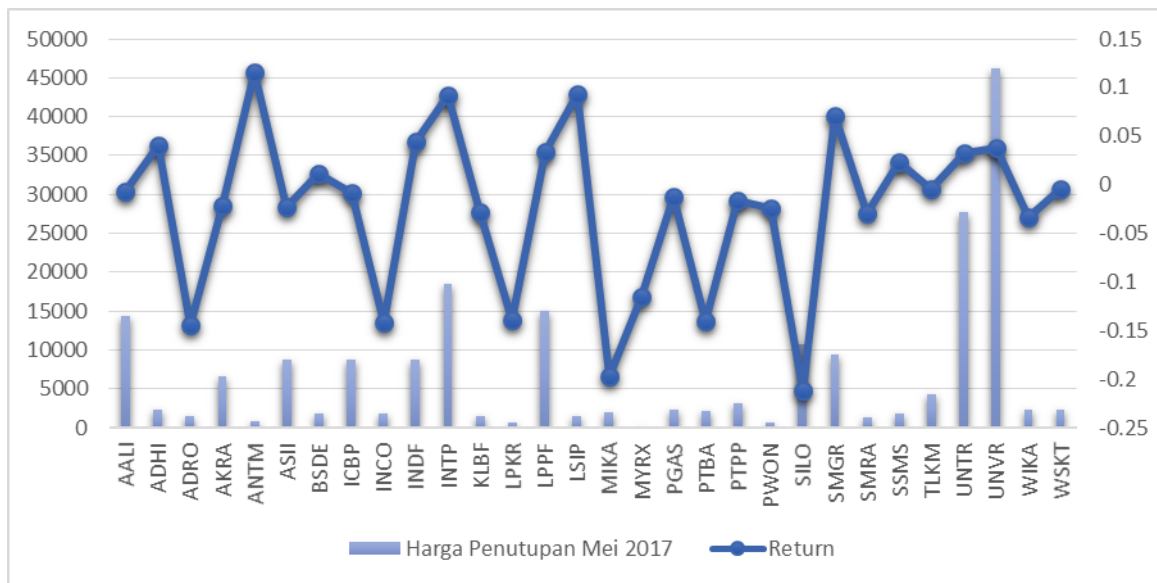


Gambar 2. Alur Kalman filter

HASIL ANALISIS

Deskriptif 30 Saham yang berada pada JII periode Desember 2016-Mei 2017

JII (Jakarta Islamic Index) terbentuk pada tahun 2000. Indeks tersebut dihitung berdasarkan MVAI (Market Value Wighted Average Index) dengan metode Laspeyres. Saham yang tergabung dalam JII adalah saham syariah yang konstituen dan memiliki likuid terbedar dan kapitalisasi pasar kuat . Setiap enam bulan dilakukan evaluasi perusahaan atau saham yang tergabung dalam JII (idx.co.id). Tiga puluh saham syariah terbesar tingkat likuiditas selama tahun terakhir akan masuk pada JII. Berikut adalah data terakhir saham yang tergabung dalam JII pada Mei 2017. Harga penutupan dan return saham dapat dilihat pada gambar 3. Gambar tersebut mengilustrasikan diagram batang merupakan harga saham pada saat penutupan, sedangkan garis menggambarkan nilai return pada bulan Mei 2017 jika dibandingkan dengan bulan sebelumnya yaitu April 2017. Return terendah pada saham SILO yaitu sebesar -0,21 atau harga saham mengalami penurunan sebesar 21%. Return tertinggi diberikan oleh saham ANTM sebesar 11%. Rata-rata return saham sebesar -0.023 atau 2,3% saham mengalami penurunan harga saham dari bulan April ke bulan Mei. Sebanyak 60% saham yang tergabung dalam JII mengalami penurunan nilai saham. JII pada bulan tersebut juga mengalami penurunan saham dan return sebesar -0.0061



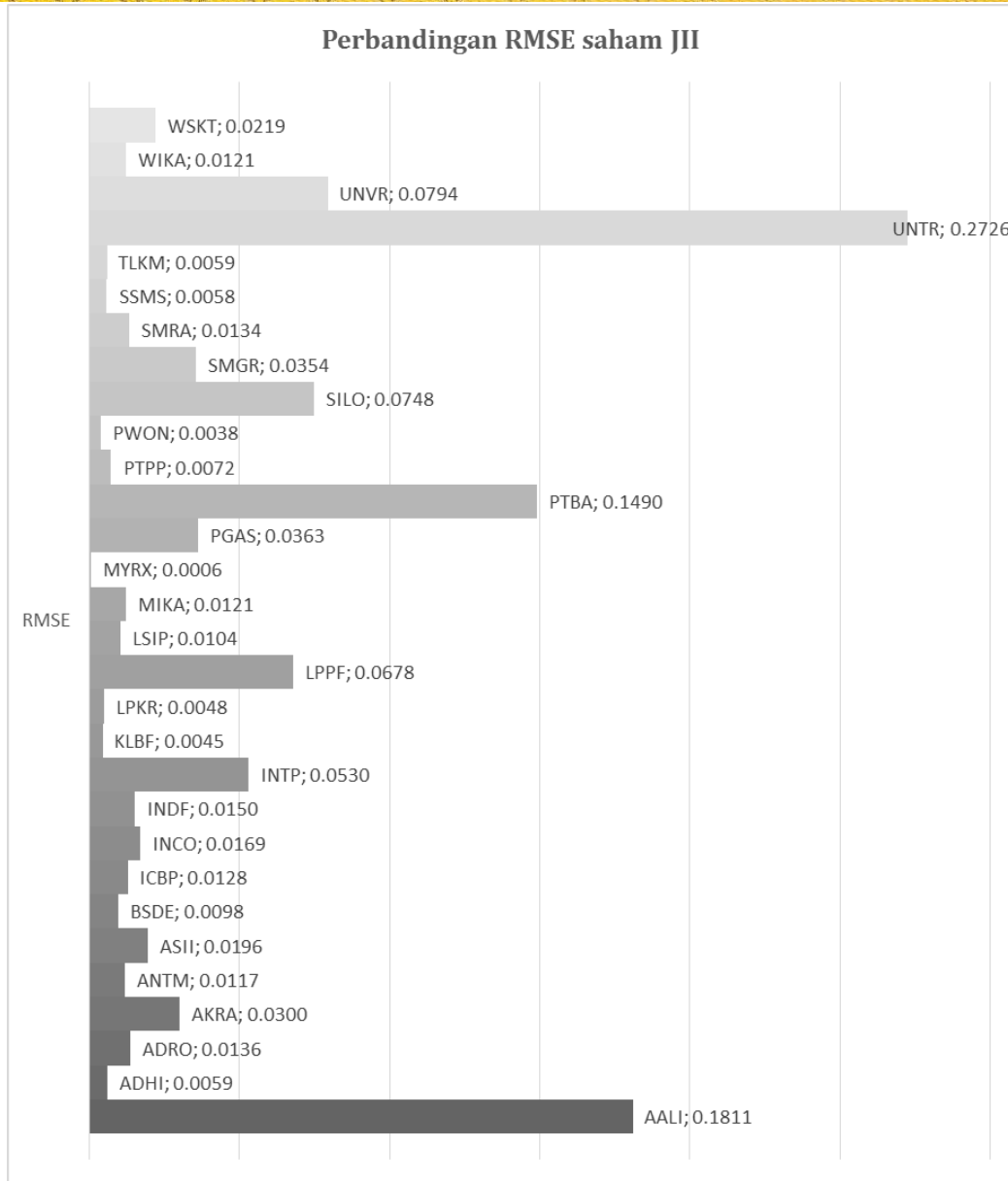
Gambar 3. Harga penutupan dan Return saham Mei 2017



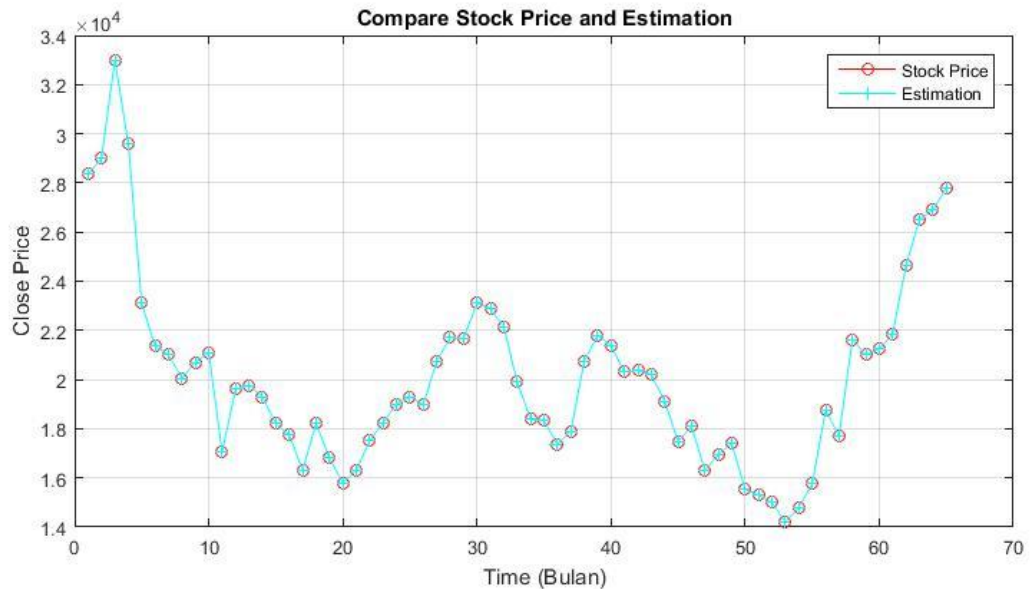
Estimasi Kalman filter

Persamaan GBM sebagai state space Kalman filter merupakan renewable stock price model. Performa metode estimasi dapat dilihat dari nilai RMSE (Root Mean Square Error) berdasarkan selisih antara nilai real dengan nilai estimasi. Nilai RMSE semakin kecil atau mendekati nol berarti performa metode tersebut baik atau tingkat akurasi prediksi tinggi. Hasil RMSE dari Kalman filter dapat dilihat pada gambar 4. Berdasarkan grafik tersebut terlihat jelas bahwa nilai RMSE tertinggi yaitu perusahaan dengan kode UNTR (PT. Umnited Tractors Tbk) sedangkan nilai RMSE terendah yaitu perusahaan dengan kode MYRX (Pt. Hanson International Tbk). Sedangkan rata-rata RMSE secara keseluruhan saham sebesar 0.0396 ini menandakan secara keseluruhan metode Kalman filter memiliki tingkat keakurasian sebesar 96,04% untuk memprediksi harga penutupan saham JII. Jika kita menggunakan Kalman filter sebagai estimasi maka kesalahan pengukuran sebesar 3,96%. Hal ini menguntungkan bagi investor saham karena kesalahan metode Kalman filter dalam memprediksi saham sangat kecil dan investor dapat memprediksi secara bersama-sama nilai harga saham dalam satu indeks dalam hal ini adalah JII.

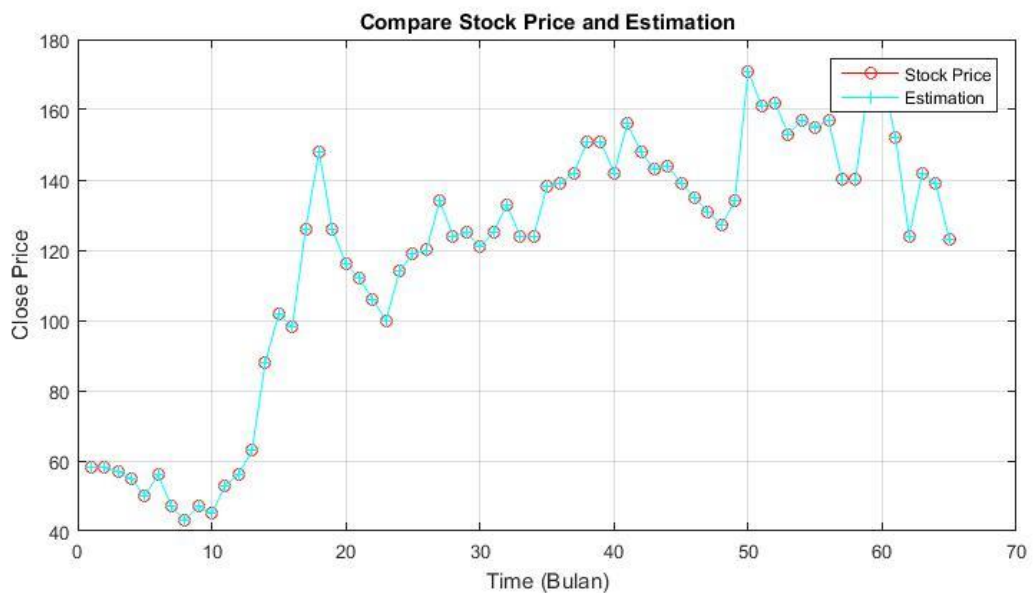
Dari hasil penelitian diketahui bahwa nilai RMSE tidak bergantung pada harga saham yang memiliki nilai tinggi. Tetapi RMSE terendah dimiliki oleh saham berharga penutupan rendah. Nilai RMSE dari saham dipengaruhi oleh grafik time series. Sebagai contoh pada Gambar 5 dan Gambar 6 yang merupakan saham dengan RMSE tertinggi dan terendah. Gambar 5 merupakan grafik dengan RMSE tertinggi. Pada grafik tersebut terlihat bahwa grafik mengalami fluktuasi harga saham yang tinggi. Jika dibandingkan dengan peramalan metode time series dan pendekatan fungsi, saham UNTR diprediksi bermodel Simple (menggunakan hasil SPSS) dengan RMSE sebesar 1719.8. hal tersebut membuktikan bahwa dengan menggunakan renewable stock price model masih memiliki nilai RMSE jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan model peramalan biasanya.



Gambar 4. Perbandingan nilai RMSE saham JII



Gambar 5. Grafik pergerakan harga penutupan saham UNTR antara nyata dan estimasi



Gambar 6. Grafik pergerakan harga penutupan saham MYRX antara nyata dan estimasi

Keputusan investor untuk berinvestasi setelah melakukan estimasi dapat dilihat pada tabel 2. Sebanyak 36.67% Saham pada JII yang dapat dijadikan investasi pada bulan Mei berdasarkan hasil estimasi dengan rata rata harapan pengembalian (expected Return) sebesar 5,4%. Ini berarti jika masing-masing perusahaan berinvestasi sebesar 1 slot (100 Lembar saham) maka investor memperoleh ekpektasi pengembalian sebesar Rp 595977,-. jika hal tersebut dibandingkan dengan pengembalian yang

asli jika investor memilih berdasarkan hasil estimasi maka pada bulan Mei 2017 investor memperoleh *return* sebesar Rp 596000,-.

Tabel 2. Keputusan Investor untuk investasi berdasarkan hasil estimasi Renewable Stock Price Model

Harga Saham Penutupan April 2017	Estimasi Harga Penutupan Saham Mei 2017	Keputusan Investasi
Rp 14,400.00	Rp 14,300.04	Tidak
Rp 1,775.00	Rp 1,520.02	Ya
Rp 6,775.00	Rp 6,625.01	Tidak
Rp 8,950.00	Rp 8,749.99	Tidak
Rp 8,775.00	Rp 8,700.02	Ya
Rp 2,220.00	Rp 1,905.03	Tidak
Rp 1,585.00	Rp 1,540.00	Ya
Rp 790.00	Rp 680.00	Tidak
Rp 2,540.00	Rp 2,040.00	Tidak
Rp 139.00	Rp 123.00	Ya
Rp 2,430.00	Rp 2,400.00	Ya
Rp 2,535.00	Rp 2,180.00	Tidak
Rp 3,180.00	Rp 3,129.99	Tidak
Rp 625.00	Rp 610.00	Ya
Rp 1,360.00	Rp 1,319.99	Ya
Rp 4,370.00	Rp 4,350.00	Tidak
Rp 2,370.00	Rp 2,290.00	Tidak
Rp 2,390.00	Rp 2,379.99	Tidak
Rp 13,616.10	Rp 10,733.86	Tidak
Rp 2,260.00	Rp 2,350.00	Tidak
Rp 695.00	Rp 775.00	Tidak
Rp 1,790.00	Rp 1,810.00	Ya
Rp 8,375.00	Rp 8,749.99	Ya
Rp 16,950.00	Rp 18,500.00	Tidak
Rp 14,600.00	Rp 15,099.87	Ya
Rp 1,395.00	Rp 1,525.00	Tidak
Rp 8,825.00	Rp 9,449.98	Ya
Rp 1,750.00	Rp 1,790.00	Ya
Rp 26,900.00	Rp 27,775.01	Tidak
Rp 44,500.00	Rp 46,174.93	Tidak

Dengan demikian *Renewable Stock Price Model* berdasarkan pendekatan Kalman filter mampu memberikan akurasi estimasi yang tinggi dan memiliki nilai RMSE yang rendah. Metode ini juga memberikan keuntungan bagi investor untuk memprediksi beberapa perusahaan dalam satu waktu, hal tersebut terbukti jika dibandingkan dengan model tradisional yang biasanya digunakan masyarakat secara luas lebih baik. Namun Wiener Proses disini masih menggunakan distribusi normal, sehingga setiap simulasi memiliki nilai estimasi yang berbeda, tetapi hal tersebut tidak mempengaruhi nilai RMSE dari setiap saham.

KESIMPULAN

Tingkat akurasi estimasi harga penutupan seluruh saham pada saham JII dengan menggunakan *Renewable Stock Price Model* bernilai sebesar 96,04%. Metode ini sangat efektif mengingat fluktuasi saham yang tidak menentu dan hanya menggunakan satu model matematika GBM. Hal ini juga dikarenakan pada perhitungan numerik GBM juga memperhatikan nilai return dan volatality harga saham terdahulu. Rata-rata RMSE sebesar 0.0396. Jika para investor menggunakan hasil estimasi sebagai acuan pengambilan saham maka pada bulan Mei 2017 investor akan memperoleh return sebesar Rp 596000,- memiliki selisih sebesar 23 rupiah dari hasil estimasi atau sebesar 23 rupiah.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya bagi keilmuan bidang numerik atau komputasi nilai estimasi dapat diperhalus dengan menggunakan ensemble dan kemudian dicari nilai rata-ratanya untuk memperoleh estimasi yang mendekati nilai sebenarnya. Bagi bidang ilmu ekonomi perlu ditambahkan beberapa variabel ekonomi agar tingkat akurasi estimasi dapat ditingkatkan lagi.

ACKNOWLEDGEMENT

Penelitian ini terselenggara atas dukungan dari Kemenristekdikti melalui Hibah Dosen Pemula pada tahun 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, W. F., Affianti, I. R., & Putri, E. R. (2018, March). Stock price prediction using geometric Brownian motion. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 974, No. 1, p. 012047). IOP Publishing.
- Antwi, O. (2017). Stochastic Modeling of Stock Price Behavior on Ghana Stock Exchange. *International Journal of Systems Science and Applied Mathematics*, 2(6), 116.
- Ashik, A. M., & Kannan, K. S. (2019). Time Series Model for Stock Price Forecasting in India. In *Logistics, Supply Chain and Financial Predictive Analytics* (pp. 221-231). Springer, Singapore.
- Chen, M. Y., & Chen, B. T. (2015). A hybrid fuzzy time series model based on granular computing for stock price forecasting. *Information Sciences*, 294, 227-241.

- Chi, W. L. (2018, May). Stock price forecasting based on time series analysis. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1967, No. 1, p. 040032). AIP Publishing.
- Efendi, R., Arbaiy, N., & Deris, M. M. (2018). A new procedure in stock market forecasting based on fuzzy random auto-regression time series model. *Information Sciences*, 441, 113-132.
- Gupta, R., & Wohar, M. (2017). Forecasting oil and stock returns with a Qual VAR using over 150 years off data. *Energy Economics*, 62, 181-186.
- Jeon, S., Hong, B., & Chang, V. (2018). Pattern graph tracking-based stock price prediction using big data. *Future Generation Computer Systems*, 80, 171-187.
- Kara, Y., Boyacioglu, M. A., & Baykan, Ö. K. (2011). Predicting direction of stock price index movement using artificial neural networks and support vector machines: The sample of the Istanbul Stock Exchange. *Expert systems with Applications*, 38(5), 5311-5319.
- Karya, D. F., Katias, P., & Herlambang, T. (2018, April). Stock price estimation using ensemble Kalman Filter square root method. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1008, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.
- Khamis, A., Sukor, M. A. A., Nor, M. E., Razali, S. N. A. M., & Salleh, R. M. (2017). Modeling and Forecasting Volatility of Financial Data using Geometric Brownian Motion. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 4(9), 4599-4605.
- Pai, P. F., & Lin, C. S. (2005). A hybrid ARIMA and support vector machines model in stock price forecasting. *Omega*, 33(6), 497-505.
- Reddy, Krishna and Clinton, Vaughan. (2016). Simulating Stock prices Using Geometric Brownian Motion: Evidence from Australian Companies. *Australasian Accounting Business and Finance Journal*. Vol.10 Issue 3.
- Rounaghi, M. M., Abbaszadeh, M. R., & Arashi, M. (2015). Stock price forecasting for companies listed on Tehran stock exchange using multivariate adaptive regression splines model and semi-parametric splines technique. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 438, 625-633.
- Wilcox, B. A., & Hamano, F. (2017). Kalman's expanding influence in the econometrics discipline. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 637-644
- Xu, Y., & Zhang, G. (2015). Application of Kalman Filter in the Prediction of Stock Price. In *International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling (KAM)*. Atlantis press (pp. 197-198).