MAp Journal
Mathematics & Applications
Web : ejournal.uinib.ac.id/jurnal/index.php/MAp
Email : map_journal@uinib.ac.id

PENERAPAN GERAK BROWN GEOMETRIK PADA DATA SAHAM PT. ANTM

THE APPLICATION OF GEOMETRIC BROWNIAN MOTION ON THE STOCK PRICE OF PT. ANTM

Darvi Mailisa Putri[1§] Lilis Harianti Hasibuan[2]

[1]Universitas Islam Negeri Imam Bonjol Padang, Indonesia [Email: darvimailisa@uinib.ac.id]
[2]Universitas Islam Negeri Imam Bonjol Padang, Indonesia [Email: lilisharianti@uinib.ac.id]
[§]*Corresponding Author*

Received September 2020; Accepted November 2020; Published Desember 2020;

Abstrak

Penelitian ini akan mengkaji aplikasi gerak Brown geometrik pada data harga saham PT. Antm. Data harga saham yang digunakan adalah data harga saham penutupan dari tanggal 02 Januari 2019 sampai dengan 30 Desember 2019 dengan periode harian. Dalam mengaplikasikan data harga saham PT. Antm pada gerak Brown geometrik diperlukan nilai return harga saham yang memenuhi asumsi dari gerak Brown geometrik. Selanjutnya melalui parameter-parameter yang diperoleh dari return harga saham dan membangkitkan data berdistribusi normal atau $\mathrm{Z}\sim\mathrm{N}(0,1)$ sebanyak data yang diamati dan harga awal yang telah diketahui maka didapat plot hasil dari data harga saham PT. Antm yang telah memenuhi asumsi gerak Brown geometik.

Kata Kunci: gerak Brown geometric, saham, return

Abstract

This research will examine the application of geometric Brownian motion on the stock price of PT. Antm. The stock price data used is the closing stock price data from January 02nd 2019 to December 30th 2019 with a daily period. In applying the stock price of PT. Antm on geometric Brownian motion requires a stock price return value that satisfies the assumptions of geometric Brownian motion. Futhermore, through the parameters obtained from the stock price return and generate normally distributed data or $Z\sim N(0,1)$ as much as the observed data and the known intial price, then we get the plot of PT. Antm has fulfilled the assumption of geometric Brownian motion.

Keywords: *geometric Brownian motion, stock, return*

1. Pendahuluan

Saham merupakan surat berharga sebagai bukti penyertaan atau kepemilikan individu maupun instansi dalam suatu perusahaaan [5]. Harga saham dapat didefiniskan sebagai harga pada pasar riil [1]. Dalam dunia investor, saham masih menjadi hal yang sangat menarik untuk dibahas. Keputusan investor untuk berinvestasi saham didasari oleh keinginan untuk memperoleh keuntungan. Keuntungan berinvestasi saham dapat dilihat dari besarnya return saham dimana return adalah tingkat pengembalian atas hasil yang diperoleh akibat melakukan investasi [9]. Harga saham yang sulit diprediksi, mengakibatkan tidak pastinya nilai return saham. Sehingga diperlukan suatu model matematis untuk memodelkan harga saham agar para investor memiliki pengetahuan untuk memprediksi hal tersebut.

Salah satu pemodelan yang dapat digunakan untuk melihat pergerakan harga saham yaitu dengan model gerak Brown geometrik. Pemodelan harga saham dimulai dari proses gerak Brown diskrit atau yang lebih dikenal dengan proses perjalanan acak. Bila proses perjalanan acak dilimitkan terhadap selang waktu yang semakin sempit maka proses perjalanan acak menjadi gerak Brown. Selanjutnya teori gerak Brown ini berkembang menjadi gerak Brown dengan *drift* dan gerak Brown geometrik. [8]. Model pergerakan harga saham diasumsikan mengikuti gerak Brown geometrik karena harga tidak mungkin bernilai negatif. Suatu harga dapat dikatakan mengikuti gerak Brown geometrik, jika dapat dituliskan menjadi bentuk persamaan differential stokastik dan memenuhi asumsi-asumsi sebagai syarat dipenuhi untuk gerak Brown [8].

Pemodelan harga saham ini dimodelkan mengikuti gerak Brown geometric, karena gerak Brown geometrik mampu mendeteksi kenaikan harga dengan delta t yang sangat kecil. Misalnya dapat didilihat bagaimana kenaikan harga nya setiap detik, menit, jam. Ini dapat didukung dari asumsi gerak brown yang dihasilkan dari perjalanan acak atau random walk. Sesuai dengan namanya, perjalanan acak berarti gerak yang random (acak) dan akan dibuktikan limit dari masalah perjalanan acak ini menghasilkan gerak Brown. Sehingga proses perjalanan acak akan menghasilkan proses gerak Brown. Menurut teorema limit pusat jika terdapat variabel acak yang saling bebas dan berdistribusi identik dan dilakukan pengamatan yang semakin lebar, maka distribusinya akan mendekati distribusi normal.

Konsep ini akan diterapkan pada data harga saham PT. Antam sepanjang tahun 2019. Didefinisikan delta t nya setiap lima belas menit dengan selang T nya 5 hari. Pada data asli harga saham PT. Antam dicari nilai return, sehingga diperoleh drift untuk return, dan votalitas data return. Data return diasumsikan normal sehingga dapat diaplikasikan mengikuti gerak Brown Geometrik.

2. Gerak Brown

Gerak Brown atau yang dikenal dengan proses Wiener adalah proses stokastik yang bersifat kontinu. Gerak Brown dibentuk dari persamaan random walk yang bersifat simetri dengan mencari nilai limit dari distribusi random walk [4]. Gerak Brown terdiri dari gerak Brown dengan *drift* dan gerak Brown geometrik.

2.1 Proses Random Walk

Misalkan terdapat sebuah partikel pada garis bilangan real pada titik asal yaitu titik nol dan hanya dapat melompat ke kanan atau ke kiri sejauh jarak yang sama yaitu sebesar Δx . X_i adalah peubah acak posisi partikel yang bernilai Δx dan $-\Delta x$ ketika posisi partikel bergerak ke kanan atau ke kiri pada saat ke $-i$ dan diasumsikan peluang dari lompatan ke kanan dan ke kiri tidak berubah.

Dengan $P(X_i = \Delta x) = p$, dan $P(X_i = \Delta x) = 1 - p$, dimana p dan $1 - p$ saling bebas terhadap i. Tiap lompatan saling bebas, sehingga peubah acak X_i juga saling bebas. Selanjutnya, didefinisikan peubah acak baru:

$$S_n = X_1 + X_2 + \cdots + X_{n-1} + X_n$$
$$S_n = S_{n-1} + X_n$$

Yang menyatakan posisi partikel pada saat langkah ke-n. Nilai ekspektasi dari X_i adalah

$$E[X_i] = \sum_{semua\ x_i} x_i\, P(X_i = x_i), i = 1,2,\dots,n$$
$$= \sum_{x_{i=\Delta x,-\Delta x}} x_i P(X_i = x_i) = \Delta x P(X_i = x_i) + \left(-\Delta x\, P(X_i = x_i)\right)$$
$$= \Delta x\, p - \Delta x(1-p) = \Delta x(2p-1)$$

Karena X_i saling bebas maka diperoleh,

$$E[S_n] = E[\sum_{i=1}^{n} X_i] = \sum_{i=1}^{n} E[X_i] = n\, E[X_i]$$
$$= n\, \Delta x(2p-1)$$

Sedangkan variansi dari X_i adalah

$$Var[X_i] = E[X_i^2] - [E[X_i]]^2$$
$$= \sum_{x_{i=\Delta x,-\Delta x}} x_i^2 P(X_i = x_i) - \left(\sum_{x_{i=\Delta x,-\Delta x}} x_i P(X_i = x_i)\right)^2$$
$$= \Delta x^2 P(X_i = x_i) + \left(-\Delta x^2\, P(X_i = x_i)\right) - (\Delta x(2p-1))^2$$
$$= \Delta x^2\left(p + (1-p)\right) - ((p-(1-p))^2 \Delta x$$
$$= \Delta x^2 - (\Delta x(2p-1))^2$$
$$= \Delta x^2(1-(2p-1)^2) = \Delta x^2\left(1 - (4p^2 - 4p + 1)\right)$$
$$= \Delta x^2\left(4p(1-p)\right)$$
$$= 4p(1-p)\Delta x^2$$

Karena X_i saling bebas, maka diperoleh:

$$Var[S_n] = Var[\sum_{i=1}^{n} X_i] = \sum_{i=1}^{n} Var[X_i]$$
$$= n\, Var[X_i] = n4p(1-p)\Delta x^2$$

Dengan mengambil jarak perpindahan $\Delta x \to 0$ atau Δx sekecil mungkin maka akan memberikan nilai peluang yang hampir sama. Sehingga proses perjalanan acak akan menghasilkan proses gerak Brown.

2.2 Proses Gerak Brown

Dalam perjalanan acak simetri, beberapa yang perlu diperhatikan adalah

1. $t_0 < t_1 < t_2 < \cdots < t_n.$ dan variabel acak $S_{t_1} - S_{t_0}, S_{t_2} - S_{t_1}, \dots, S_{t_n} - S_{t_{n-1}}$ saling bebas, maka $\{S_t, t \geq 0\}$ disebut memiliki kenaikan saling bebas
2. $S_{t+s} - S_t$ memiliki distribusi yang sama. Karena itu $\{S_t, t \geq 0\}$ disebut memiliki kenaikan stasioner.

Definisi 2.1. Gerak Brown [8] *Proses stokastik $\{S_t, t \geq 0\}$ dikatakan gerak Brown jika memenuhi syarat berikut:*

1. $S_0 = 0$

2. $\{S_t, t \geq 0\}$ *memiliki kenaikan stasioner dan saling bebas*

3. $S_t \sim N(0, \sigma^2 t)$ *untuk setiap* $t > 0$

saat $\sigma = 1$, maka proses ini disebut gerak Brown baku yang dilambangkan dengan W_t. Sehingga menjadi seperti berikut:

$$W_t = \sqrt{t}Z, dimana\ Z \sim (0,1)$$

2.3 Gerak Brown dengan Drift

Misalkan suatu partikel X mengambil suatu unit langkah ke kiri ataupun ke kanan secara acak sebesar suatu unit jarak Δx untuk setiap selang waktu Δt. Misalkan S_n adalah posisi X di waktu ke- n . Jika dipilih $\Delta x = \sigma\sqrt{\Delta t}$ dan $p = \frac{1}{2}(1 + \frac{\mu}{\sigma}\sqrt{\Delta t})$. Dengan pemilihan tersebut, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

$$E[S_n] = \left\lfloor\frac{t}{\Delta t}\right\rfloor \sigma\sqrt{\Delta t}\ (2.\frac{1}{2}\left(1 + \frac{\mu}{\sigma}\sqrt{\Delta t} - 1\right))$$

$$= \left\lfloor\frac{t}{\Delta t}\right\rfloor \mu\Delta t = \mu t$$

$$\lim_{\Delta t\to 0} \mathrm{E}[\mathrm{S_n}] = \lim_{\Delta t\to 0} \mu t = \mu t$$

$$Var[S_n] = \left\lfloor\frac{t}{\Delta t}\right\rfloor (\sigma\sqrt{\Delta t})^2 (1 - (2.\frac{1}{2}(1 + \frac{\mu}{\sigma}\sqrt{\Delta t}) - 1)^2)$$

$$= \left\lfloor\frac{t}{\Delta t}\right\rfloor \sigma^2\Delta t(1 - \frac{\mu^2}{\sigma^2}\Delta t)$$

$$= \sigma^2 t - t\mu^2\Delta t$$

$$\lim_{\Delta t\to 0} Var[S_n] = \lim_{\Delta t\to 0} \sigma^2 t - t\mu^2\Delta t$$

$$= \sigma^2 t$$

Proses stokastik $S_t, t \geq 0$ dikatakan mengikuti gerak Brown dengan koefisien *drift* jika memenuhi syarat:

1. $S_0 = 0$
2. $S_t, t \geq 0$ memiliki kenaikan stasioner dan saling bebas
3. S_t berdistribusi normal dengan mean μt dan variansi $\sigma^2 t$ untuk setiap $t > 0$.

Berdasarkan asumsi-asumsi di atas dapat ditulis sebagai berikut:

$$S_t = \mu t + \sigma W_t$$

2.4 Return Harga Mengikuti Gerak Brown Geometrik

Misalkan nilai investasi saat t adalah S_t . Jika investasi tersebut kita simpan dalam waktu yang cukup lama, maka saat $t + \Delta t$ nilai harga komoditi tersebut akan menjadi :

$$S_{(t+\Delta t)} = S_t\, e^{\mu\Delta t} \approx S_t\,(1 + \mu\Delta t) = S_t + S_t\,\mu\Delta t$$

Dengan μ adalah rata-rata harga. Jika investasi langsung dijalankan, maka investasi yang dimiliki akan mengikuti harga yang cenderung berfluktuatif. Nilai harga akan dapat mengalami kenaikan, penurunan, maupun tetap. Dengan demikian, saat $t + \Delta t$ nilai harga tersebut akan menjadi :

$$S_{(t+\Delta t)} = S_t + S_t\,\mu\Delta t + \text{"faktor acak"}$$

$$\frac{S_{(t+\Delta t)} - S_t}{S_t} = \mu\Delta t + \text{faktor acak} \qquad (1)$$

Faktor acak yang mengikuti gerak Brown tersebut adalah faktor yang yang dapat membuat nilai harga berfluktuasi. Karena “faktor acak” mengikuti gerak Brown maka “faktor acak “ $\sim N(0, \sigma^2\Delta t)$ untuk setiap $t \geq 0$. Sehingga persamaan (1) menjadi :

$$\frac{S_{t+\Delta t} - S_t}{S_t} = \mu\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\, Z, Z \sim N(0,1) \qquad (2)$$

Dengan σ adalah volatilitas harga , dan μ adalah rataan dari harga. Berdasarkan persamaan (2) diperoleh nilai ekspekstasi dan variansi *return* harga komoditi sebagai berikut:

$$E[\frac{S_{t+\Delta t} - S_t}{S_t}] = \mu\Delta t + E[\sigma\sqrt{\Delta t}Z]$$

$$Var[\frac{S_{t+\Delta t} - S_t}{S_t}] = Var[\mu\Delta t] + Var[\sigma\sqrt{\Delta t}Z]$$

$$= 0 + \sigma^2\Delta t$$

$$= \sigma^2\Delta t$$

Dari asumsi di atas diperoleh :

$$\frac{S_{t+\Delta t} - S_t}{S_t} \sim N(\mu\Delta t, \sigma^2\Delta t)$$

Yang berarti *return* harga mengikuti gerak Brown dengan koefisien drift μ dan parameter variansi σ^2.

2.5 Formula Ito

Formula Ito memberikan generalisasi

terhadap gerak Brown dengan mengawalinya dari formula Taylor. Misalkan $f(x)$ fungsi suatu persamaan differensial , maka deret Taylor untuk $f(x)$ yang berpusat di x_0 adalah:

$$f(x) = f(x_0) + f'(x_0)(x - x_0) + \frac{1}{2}f''(x_0)(x - x_0)^2 + O^3 \quad (3)$$

Misal perpindahan dari titik x ke x_0 yang bebas dapat dipandang sebagai perpindahan dari $S(t_k)$ ke $S(t_{k+1})$ yang juga bebas dimana masing-masing merupakan gerak Brown standar yang saling berurutan. Selanjutnya untuk $\Delta t \to 0$ dan $\Delta S \to 0$ maka bentuk $\Delta S \Delta t$ dan Δt^2 tidak memberikan kontribusi pada bentuk differensial , maka diperoleh

$$df = \frac{\partial f}{\partial S}dS + \frac{\partial f}{\partial t}dt + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 f}{\partial S^2}(dS)^2$$

Karena $S(t)$ adalah gerak brown standar, maka:$(\Delta)^2 S \to (dS)^2 = dt$, sehingga

$$df = \frac{\partial f}{\partial S}dS + \frac{\partial f}{\partial t}dt + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 f}{\partial S^2}dt$$

2.6 Model Harga Berdistribusi Lognormal

Misalkan selang waktu [0,t] dibagi *n* subselang yang sama yaitu $\Delta t = \frac{t}{n}$ dan S_{t_n} adalah harga asset komoditi saat t_i, dimana $t_i = i.\Delta t$, dengan $i = 0,1,2, ...$ Perhatikan bahwa persamaan (2) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$S_{(t+\Delta t)} = S_t + S_t \mu \Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\, Z\, S_t$$

Berdasarkan teorema limit pusat , maka:

$$ln\frac{S_t}{S_0} \sim N(\mu\Delta t - \frac{1}{2}\sigma^2\Delta t, \sigma^2\Delta t\,) \quad (3)$$

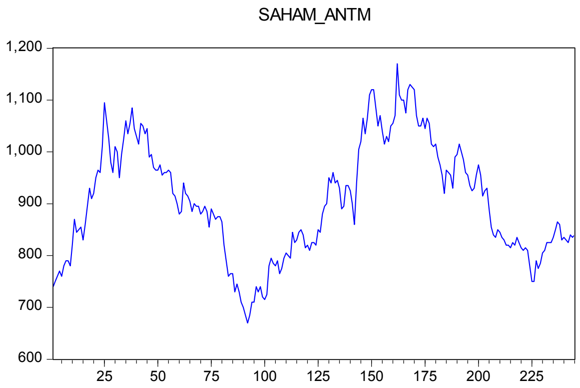
Dari persamaan (3) diperoleh formula untuk harga saat *t* , dapat dituliskan sebagai berikut:

$$S_t = S_0 e^{\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t + \sigma\sqrt{t}Z}, Z \sim N(0,1) \quad (4)$$

Persamaan (6) merupakan model harga gerak Brown geometrik yang berdistribusi lognormal.

3. Gerak Brown Geometrik Pada Data Saham PT. Antm

Pada bagian ini akan dibahas tentang model gerak Brown geometrik pada data harga saham per hari PT. Antm dari tanggal 02 Januari 2019 sampai dengan 30 Desember 2019. Pertama akan dilakukan plot data dan statistika deskriptif terhadap data saham per hati PT. Antm.



Gambar 1. Grafik Data Harga Saham Antm

Berdasarkan plot data pada Gambar 1 diperoleh kesimpulan bahwa data harga saham PT. Antm selama satu tahun 2019 tidak stabil dan sebarannya tidak terfokus disekitar nilai tengah. Ragam (varians) dari data harga saham PT. Antm juga tidak konstan.

Tabel 1. Statistika Deskriptif Data Harga Saham PT. Antm Tahun 2019

Sum	: 221,610.00
Average	: 904.53
Quartile 1	: 820.00
Median	: 895.00
Quartile 3	: 990.00
Minimum	: 670.00
Maximum	: 1170.00
Range	: 500.00
Standard Deviation	: 110.31
Variance	: 12,168.53
Standard Error	: 7.05
Skewness	: 0.16
Kurtosis	: -0.82

Selanjutnya dari Tabel 1 di atas dapat diperoleh beberapa informasi dan penjelasan sebagai berikut:

1. Rata-rata yang dimiliki data harga saham PT. Antm bernilai 904.53. Jika dilihat dari nilai mediannya yaitu 895.00, nilai rata-rata data harga saham Antm bernilai lebih besar dari nilai mediannya sehinga skewness bernilai positif. Hal ini dapat diartikan bahwa sebagian besar data berada dibawah rata-rata.
2. Standar deviasi pada data harga saham PT. Antm bernilai 110.31. Nilai standar deviasi merupakan akar positif dari variansi. Hal ini berarti, jika nilai standar deviasi pada sebuah data kecil maka variabilitas data juga akan kecil dan sebaliknya.
3. Nilai kurtosis yang diperoleh bernilai negatif sehingga data memiliki puncak distribusi yang landai dari distribusi normal.

Selain dilakukan plot data dan statistika deskriptif, dilakukan juga uji box-plot terhadap data harga saham PT. Antm. Hal ini merupakan salah satu cara untuk melihat data harga saham PT. Antm tidak mengandung data pencilan yang terdapat pada Gambar 2.

Gambar 2. Box Plot Data Harga Saham Antm

Harga saham PT. Antm akan dibentuk sebuah model yang diasumsikan mengikuti gerak Brown Geometrik. Adapun syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh data harga saham PT. Antm untuk membentuk model gerak Brown geometrik adalah sebagai berikut:

1. $S_0 = 0$, dalam gerak Brown geometrik nilai awal diberikan sesuai dengan data yang dimiliki.
2. Untuk semua $t_0 < t_1 < t_2 < \cdots < t_{n.}$ variabel acak $S_{t_1} - S_{t_0}, S_{t_2} - S_{t_1}, \dots, S_{t_n} - S_{t_{n-1}}$ saling bebas, maka $\{S_t, t \geq 0\}$ disebut memiliki kenaikan saling bebas.
3. Untuk semua $t_0 < t_1 < t_2 < \cdots < t_{n.}$ variabel acak $S_{t_1} - S_{t_0}, S_{t_2} - S_{t_1}, \dots, S_{t_n} - S_{t_{n-1}}$ memiliki distribusi normal $(0, \sigma^2 t)$.

Berdasarkan ketiga syarat di atas akan dilakukan uji terhadap data saham PT. Antm untuk melihat apakah data harga saham PT. Antm memenuhi ketiga syarat tersebut. Syarat (1) jelas sudah dipenuhi oleh data saham PT. Antm dengan harga awal 740. Selanjutnya untuk syarat (2) dan (3) akan dilakukan uji hipotesis, yaitu uji Kolmogorov-Smirnov. Syarat (2) dilakukan uji hipotesis sebagai berikut:

H_0: beda *saling bebas*
H_1: beda *tidak saling bebas*

Kriteria uji yaitu tolak hipotesis nol (H_0) bila *asymptotic* signifikan value uji Kolmogorov-Smirnov < 0.05 dan hipotesis satu (H_1) ditolak bila *asymptotic* signifikan value uji Kolmogorov Smirnov > 0.05 . Diperoleh nilai *asymptotic* signifikan value uji

Kolmogorov-Smirnov 0.021 sehingga syarat (2) belum terpenuhi.

Tabel 2. Uji Kolmogorov-Smirnov Pada Beda Nilai Harga Saham PT. Antm

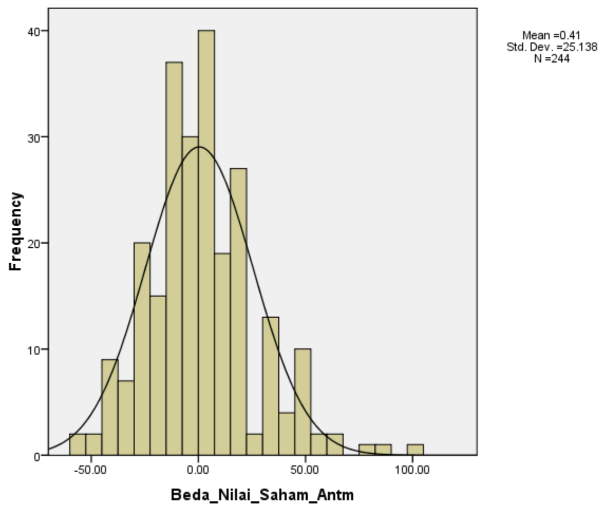
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Beda_Saham
N		244
Normal Parameters[a]	Mean	.4098
	Std. Deviation	25.13822
Most Extreme Differences	Absolute	.096
	Positive	.096
	Negative	-.057
Kolmogorov-Smirnov Z		1.506
Asymp. Sig. (2-tailed)		.021

Selanjutnya dilihat syarat (3) untuk menguji apakah kenaikan atau beda nilai dari data harga saham PT. Antm berdistribusi normal atau tidak dengan uji hipotesis sebagai berikut:

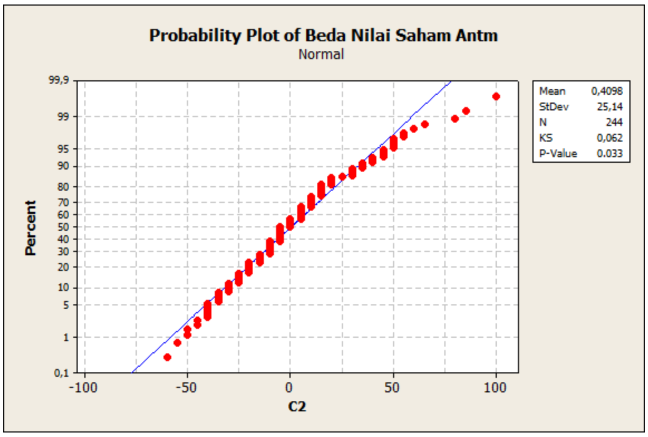
H_0: beda *berdistribusi normal*

H_1: beda *tidak berdistribusi normal*



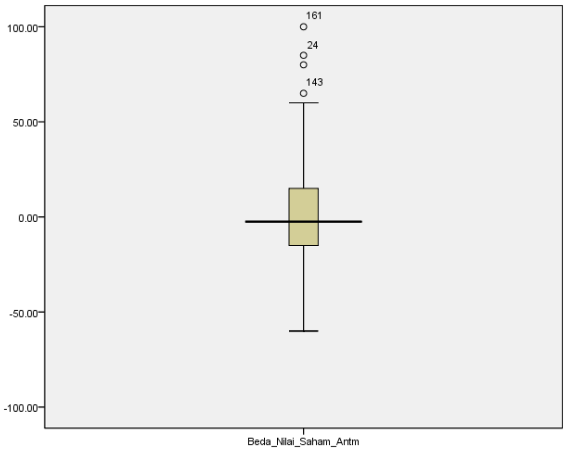
Gambar 3. Histogram Kenaikan atau Beda Nilai Saham PT. Antm

Selain melakukan uji hipotesis di atas, untuk syarat (3) dapat juga dilihat dari gambar P-P plot dari kenaikan atau ΔS_t harga saham PT. Antm sebagai berikut:



Gambar 4. P-Plot Kenaikan atau Beda Nilai Saham PT. Antm

Dari hasil P-P plot kenaikan atau beda nilai saham PT. Antm pada Gambar 4 terlihat bahwa sebagian besar data kenaikan atau beda nilai menempel pada garis normal namun masih terdapat tiga data pencilan. Nilai *p-value* diperoleh 0.033, lebih kecil dari taraf signifikan $\alpha = 0.05$, artinya Hipotesis nol tidak diterima. Sehingga dapat disimpulkan kenaikan atau beda nilai saham PT. Antm tidak berdistribusi normal. Data pencilan yang terdapat pada data kenaikan atau beda nilai saham PT. Antm dapat juga dipastikan dengan box-plot pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Box Plot Kenaikan dan Beda Nilai Saham Antm

Setelah melakukan beberapa uji, data ΔS_t atau kenaikan dari harga saham PT. Antm tidak memenuhi syarat (2) dan (3). Oleh karena itu, beberapa data pencilan tersebut dibuang agar data data ΔS_t atau kenaikan dari harga saham PT. Antm dapat diaplikasikan pada model gerak Brown Geometrik. Berikut dilakukan uji ulang setelah beberapa data pencilan dibuang.

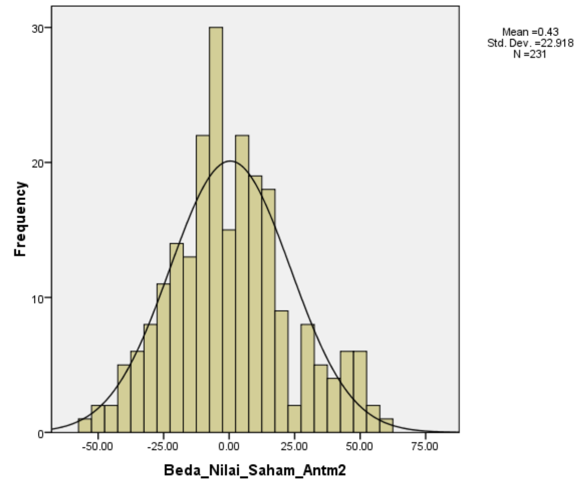
Pertama, akan dikaji ulang dengan menggunakan Kriteria uji Kolmogorov-Smirnov. Diperoleh nilai *asymptotic* signifikan value uji Kolmogorov-Smirnov 0.060 pada Tabel 3. Nilai yang diperoleh lebih besar dari taraf signifikansi $\alpha = 0.05$ artinya hipotesis nol (H_0) tidak ditolak sehingga kenaikan atau ΔS_t dari data harga saham Antm telah memenuhi syarat ke (2).

Tabel 3. Uji Kolmogorov-Smirnov Pada Beda Nilai Harga Saham PT. Antm2

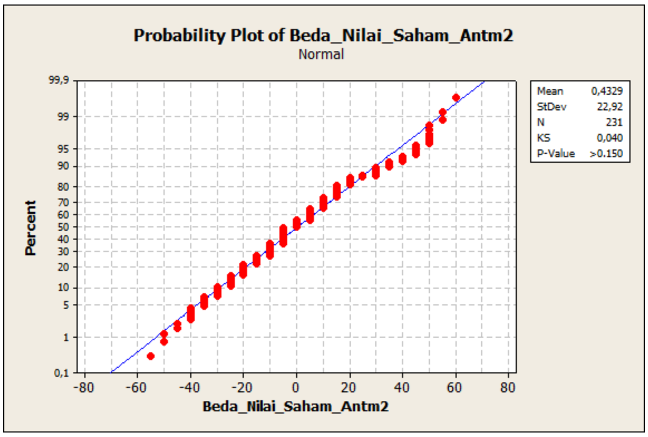
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Beda_Nilai_Saham_Antm2
N		231
Normal Parameters[a]	Mean	.4329
	Std. Deviation	22.91826
Most Extreme Differences	Absolute	.087
	Positive	.087
	Negative	-.056
Kolmogorov-Smirnov Z		1.325
Asymp. Sig. (2-tailed)		.060

Langkah ke dua, dilakukan uji hipotesis dengan histogram dan P-P plot untuk melihat apakah data kenaikan atau beda nilai saham PT. Antam sudah memenuhi syarat ke (3). Berikut diberikan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



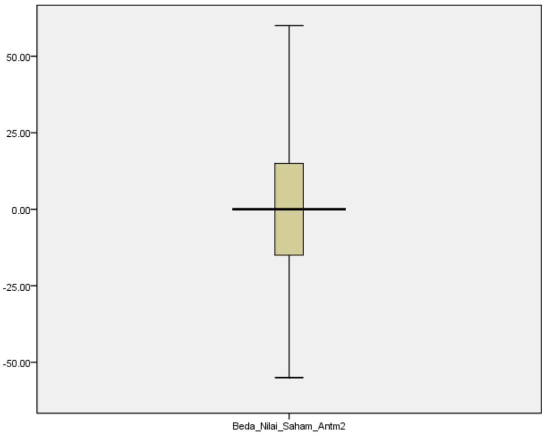
Gambar 6. Histogram Kenaikan atau Beda Nilai Saham PT. Antm



Gambar 7. P-Plot Kenaikan atau Beda Nilai Saham PT. Antm

Pada Gambar 6 dapat dikatakan bahwa data kenaikan atau beda nilai saham PT. Antm sudah berdistribusi normal. Hal ini juga diperkuat dengan P-P plot pada Gambar 7 bahwa semua data kenaikan saham PT. Antm sudah menempel pada garis normal. Nilai *p-value* yang diperoleh sudah lebih besar dari taraf signifikan $\alpha = 0.05$, artinya Hipotesis nol diterima.

Langkah terakhir untuk memastikan apakah masih terdapat data pencilan atau tidak pada data kenaikan saham PT. Antm, dilakukan dengan box-plot pada Gambar 8.



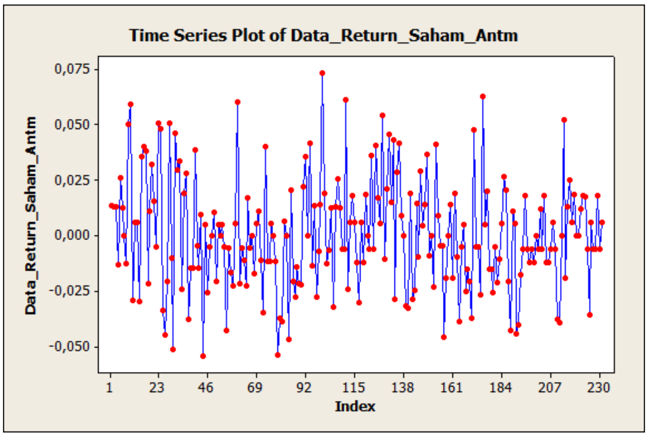
Gambar 8. Box Plot Kenaikan dan Beda Nilai Saham PT. Antm

Dari informasi yang diberikan pada Gambar 8, tidak terdapat lagi data pencilan. Sehingga berdasarkan penjelasan Gambar 6 dan Gambar 7 bisa ditarik kesimpulan bahwa data kenaikan saham PT. Antm sudah berdistribusi normal. Oleh sebab itu, data harga harga saham PT. Antm sudah memenuhi asumsi gerak Brown geometrik.

Selanjutnya, data harga saham PT. Antm dicari nilai return majemuknya dengan formula:

$$Y_t = \ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right)$$

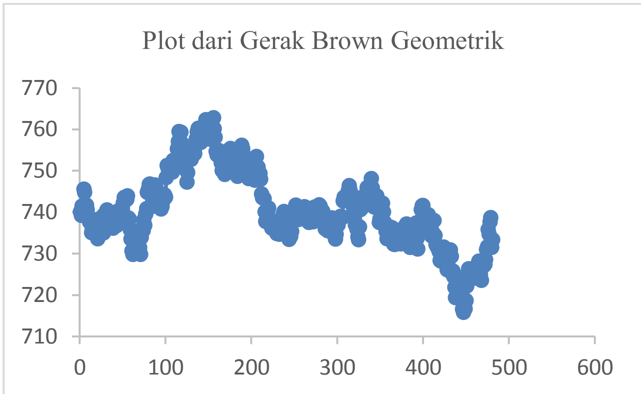
Dengan demikian, setelah diperoleh nilai return majemuk data harga saham PT. Antm maka diperoleh juga parameter-parameter dari data *return*. Parameter ini akan digunakan pada model harga gerak Brown geometrik. Waktu yang diamati selama lima hari dengan selang waktu pengamatan setiap lima belas menit. Hal ini berarti satu hari dibagi menjadi 96 titik. Dengan membangkitkan data berdistribusi normal atau $Z \sim N(0,1)$ yang dikali $\sqrt{\Delta t}$, dan harga awal 740. Berikut adalah plot dari data return harga saham PT. Antm yang telah memenuhi asumsi gerak Brown:



Gambar 9. Plot Data Return Harga Saham PT. Antm dengan $\mu = 0.0005$ dan $\sigma = 0.0250$

Parameter yang telah diperoleh dari data return saham PT. Antm, diaplikasikan untuk memodelkan data harga saham PT. Antm dengan gerak Brown geometrik. Gambar 10 merupakan hasil plot data harga saham PT. Antm yang memenuhi asumsi gerak Brown geometrik:

$$S_t = S_0 e^{\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t + \sigma\sqrt{t}Z}, Z \sim N(0,1)$$



Gambar 10. Plot Data Harga Saham PT. Antm dengan $T = 5$ *hari* dan $\Delta t \to 1/96$ dengan parameter $\mu = 0.0005$ dan $\sigma = 0.0250$

Pada Gambar 10 di atas dapat dilihat bahwa kenaikan harga saham yang diamati setiap lima belas menit cenderung mengalami fluktuatif.

4. Kesimpulan Dan Saran

Berdasarkan pembahasan dan kajian data harga saham harian PT. Antm di tahun 2019 disimpulkan bahwa:

1. Data harga saham PT. Antm dapat dimodelkan mengikuti gerak Brown geometrik yang diamati dengan selang waktu yang sangat kecil.
2. Kenaikan harga saham yang diamati setiap lima belas menit cenderung mengalami fluktuatif

Pada penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh para investor untuk mengetahui pergerakan harga saham jika ingin dilihat pada selang waktu yang sangat kecil.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah terlibat dalam membantu penulisan artikel ini.

Daftar Pustaka

[1] Anoraga, P., Pakarti, P. 2001. *Pengantar Pasar Modal*. Rineka Cipta, Jakarta.
[2] Bain, L. J., M. Engelhardt. 1992. *Introduction to Probability and Mathematical Statistics Second Edition*. Duxbury Press, California.
[3] Brockwell, P. J., R. A. Davis. 2002. *Introduction Time Series and Forecasting*. Springer, New York
[4] Dmouj, A. 2006. *Stock Price Modelling: Theory and Practice*. BMI Paper, Amsterdam.
[5] Hadi, N. 2013. *Pasar Modal; Acuan Teoritis dan Praktis Investasi di Instrumen Keuangan Pasar Modal Edisi Pertama*. Graha Imu, Yogyakarta.
[6] Makridarkis, S., Wheelwright, S. C., Hyndman, R. J. 1998. *Forecasting Methods and Applications Third Edition*. Jhon Wiley & Sons, Inc., United Stated of America.
[7] Oksendal, B. 2005. *Geometric Brownian Motion Model in Financial Market*. David Aldous, Faculty Advisor.
[8] Ross, S. 1966. *Stochastic Processes Second Edition*. Wiley Series in Probability and Mathematical, Canada.
[9] Ruppert, D. 2011. *Statistics Data Analysis for Financial Enginering*. Springer, New York.