



## Ekspektasi Maksimum Percentage Drawdown Pada Data Saham PT. Mayora Indah Tbk. Menggunakan Simulasi Monte Carlo

Lilis Harianti Hasibuan<sup>✉1</sup>, Rani Kurnia Putri<sup>2</sup>

Matematika, UIN Imam Bonjol Padang, Indonesia<sup>1,2</sup>

email: [lilisharianti@uinib.ac.id](mailto:lilisharianti@uinib.ac.id)<sup>1</sup>, [ranikurniaputri0207@gmail.com](mailto:ranikurniaputri0207@gmail.com)<sup>2</sup>

Received 31 January 2021, Accepted 23 March 2021, Published 31 March 2021

### Abstrak

Drawdown adalah alat untuk menentukan strategi perdagangan komoditas, saham, dan investasi. Analisa tersebut salah satu cara memonitor turunnya nilai asset dalam periode waktu tertentu. Pada jurnal ini akan dibahas strategi perdagangan saham PT. Mayora Tbk. Dengan analisa drawdown yang diamati pada periode waktu yang ditentukan. Analisa drawdown disini menggunakan kontrol umpan balik pada perdagangan saham PT. Mayora Tbk yang diasumsikan mengikuti gerak Brown geometrik. Data yang didapatkan diuji apakah data tersebut memenuhi asumsi gerak Brown. Selanjutnya ditentukan ekspektasi maksimum drawdown pada selang waktu yang dipilih. Setelah itu dilakukan penaksiran untuk ekspektasi maksimum persentase drawdown dari nilai saham tersebut. Untuk menguji kevalidan hasil estimasi dilakukan simulasi Monte Carlo. Simulasi Monte Carlo dengan istilah *Sampling Simulation* atau *Monte Carlo Sampling Technique*. *Sampling* simulasi ini menggambarkan kemungkinan penggunaan data sampel dengan metode Monte Carlo dan juga sudah dapat diketahui atau diperkirakan distribusinya. Simulasi ini menggunakan data yang sudah ada (*historical data*) yang sebenarnya dipakai pada simulasi yang mengikut sertakan *inventory* atau *sampling* dengan distribusi probabilitas yang dapat diketahui dan ditentukan, maka secara simulasi Monte Carlo ini dapat digunakan. Ide dasar dari simulasi Monte Carlo ini adalah *generate* atau menghasilkan suatu nilai untuk membentuk suatu model dari variabelnya dan dipelajari.

**Kata kunci:** drawdown, kontrol umpan balik, gerak Brown geometrik, Monte Carlo

### Abstract

A drawdown is a tool for defining trading strategies for commodities, stocks, and investments. This analysis is one way of monitoring the decline in asset value over a certain period of time. This journal will discuss PT. Mayora Tbk stock trading strategy. By analyzing the observed drawdown in the specified time period. The drawdown analysis here uses the feedback control on PT. Mayora Tbk stock trading is assumed to follow the geometric Brownian motion. The data obtained is tested whether the data meets Brown's motion assumptions. Then the maximum drawdown expectation is determined at the selected time interval. An estimate is carried out for the maximum expected drawdown percentage of the share value. To test the validity of the estimation results, a Monte Carlo simulation is carried out. Monte Carlo simulation with the term *Sampling Simulation* or *Monte Carlo Sampling Technique*. This simulation sampling illustrates the possible use of sample data using the Monte Carlo method and also the distribution can be known or estimated. This simulation uses existing data (*historical data*) that is actually used in a simulation that includes *inventory* or *sampling* with a

*known and determined probability distribution, so this Monte Carlo simulation can be used. The basic idea of this Monte Carlo simulation is to generate or generate a value to form a model of the variables and study it.*

**Keywords:** *drawdown, feedback Control, Geometrik Brownian Motion, Monte Carlo*

## PENDAHULUAN

Virus Corona tidak hanya memiliki dampak kesehatan. Dampak Virus Corona bagi perekonomian Indonesia juga tidak kecil. Virus Corona atau *corona virus disease 2019 (Covid 19)* telah membuat perekonomian dalam negeri kontraksi dan sangat mudah untuk diperhatikan. Banyak karyawan yang harus mengalami PHK dikarenakan tidak stabilnya pendapatan dari perusahaan. Salah satu perusahaan yang mengalami dampak atas merebaknya Virus Corona ini adalah PT. Mayora Tbk. PT. Mayora Tbk (MYOR) memperkirakan angka penjualan hingga akhir terkoreksi 3 persen seiring dengan gangguan akibat pandemi virus corona pada semester I/2020. Dampak Virus Corona akan sangat berdampak pada penurunan saham PT. MayoraTbk, dalam bidang keuangan, kenaikan dan penurunan fluktuatif harga saham menjadi perhatian utama para Investor. Perubahan harga saham mengakibatkan resiko investasi yang besar jika tidak di control dengan baik. Ketika kita dihadapkan pada dua investasi dengan return yang serupatetapi memiliki resiko yang berbeda, maka mereka cenderung untuk menginvestasikan uangnya pada resiko rendah. Fenomena ini sering dikenal dalam dunia financial sebagai risk aversion [1]. Penanganan lebih lanjut untuk masalah resiko sudah banyak dilakukan yaitu Analisis Rataan-Variansi oleh Markowitz, Value at Risk (Var) dan contoh-contoh ukuran resiko lainnya yang sering digunakan[2].

Analisis sederhana yang dapat dilakukan adalah melihat perubahan atau selisih antara nilai tertinggi dengan terendah pada harga saham khususnya selama periode tertentu. Pengamatan mulai dilakukan saat terjadi penurunan drastis, ini yang dikenal sebagai *drawdown*, dan nilai perubahannya disebut *Account Value Drawdown (AVD)*. Strategi investasi dalam membeli dan menyimpan saham dalam waktu yang cukup lama sangat dibutuhkan dalam menghadapi masalah *drawdown*. Setiap investor menginginkan *Account Value Drawdown (AVD)* yang rendah sehingga diperlukan studi lanjut mengenai perbedaan harga saham asli dengan dengan *Account Value Drawdown (AVD)*. Cara yang dilakukan dengan melakukan monitoring *Feedback Control Linear (FCL)* terhadap *Account Value Drawdown (AVD)* sehingga dapat meminimalisir selisih harga. Pelinearan tersebut dipengaruhi oleh suatu konstanta. *Feedback Gain* yang membuat *Account Value Drawdown (AVD)* dan *Feedback Control Linear (FCL)* menjadikelipatandari *Account Value Drawdown (AVD)*. Ketika *Feedback Control Linear (FCL)* dilakukan dalam memonitoring perubahan harga maka menyimpan asset dalam jangka waktu yang lama tidak lagi berperan dalam hal ini, sangat bergantung nilai dari *Feedback Gain (FG)*. *Feedback Control Linear*

(FCL) ini menguntungkan para investor untuk mengurangi *drawdown* yang terjadi. Dengan mengontrol drawdown akan meminimalisir kerugian akibat investasi dalam jangka panjang. Selain itu juga, untuk memantau pergerakan harga saham yang pada penelitian ini menggunakan saham PT. Mayora Tbk dimana waktu untuk membeli waktu dan waktu untuk menjual. Jika *Account Value Drawdown* (AVD) berada di bawah batas atas maka nilai saham yang dimiliki masih aman. Namun jika sudah berada di atas batas atas maka sudah waktunya untuk menjual saham yang dimiliki. Batas atas yang dibuat dipengaruhi oleh AVD tetapi dipengaruhi oleh transformasinya yaitu  $\log(AVD)$ . Bagaimana cara mengecek apakah batas atas dari drawdown sudah benar atau tidak.

Malekpour dan Barmish melakukan simulasi Monte Carlo untuk menguji ketepatan dan perhitungan batas atas dengan interval waktu hingga [1]. Secara sederhana drawdown adalah berapa besarnya kerugian berturut-turut yang mungkin terjadi dalam trading Anda. Drawdown sendiri terdiri dari 3 jenis yaitu absolute drawdown, maximal drawdown dan relative drawdown[3]. *Drawdown* secara istilah dapat diartikan sebagai penurunan yang sangat drastis. Sedangkan menurut Rafael Klein Rivera, *drawdown* adalah penurunan secara drastis yang terjadi secara berturut-turut dari nilai tertinggi ke nilai terendah selama periode tertentu dari suatu investasi, dan komoditi (kerugian maksimum lokal terakhir dengan minimum lokal berikutnya, memainkan peran penting dalam penilaian resiko strategi investasi)[4].

Eksplorasi simulasi dilakukan lebih jauh mengenai AVD dengan interval waktu tak hingga, khususnya bagi investasi jangka panjang. Simulasi dilakukan untuk mengecek keabsahan dari batas atas dengan perhitungan analitik menggunakan metode Monte Carlo dengan bantuan software excel dan SPSS. Tujuan laporan ini adalah untuk meminimalisasi kerugian akibat *drawdown* yang besar. Sehingga untuk mencapai tujuan ini akan dilakukan kontrol terhadap AVD dengan menentukan seberapa besar batas atas AVD yang normal. Manfaat yang dapat diambil bagi masyarakat khususnya para investor adalah melakukan estimasi jatuhnya asset yang mereka miliki.

## METODOLOGI

Metodologi yang dilakukan adalah studi literature dengan membaca beberapa jurnal ilmiah yang terkait dengan gerak Brown Geometrik dan FeedbackControlLinear. Selanjutnya simulasi dilakukan dengan menggunakan data bangkitan. Awal pemodelan jurnal ini bermula dari pengembangan penelitian sebelumnya seperti pada [1]. Mengenai efek *drawdown* pada perdagangan saham di pasar ideal. Pemberian faktor FCL merupakan hal menarik saat ini untuk diteliti lebih lanjut. Sebelum membahas mengenai proses stokastik mana yang

mempengaruhi AVD-FCL, akan dijelaskan dahulu mengenai simbol matematika dan singkatannya.

**Tabel 1. Simbol Matematika dan Singkatan-singkatan yang Digunakan**

| Simbol | Keterangan   | Singkatan | Kepanjangan                          |
|--------|--|-----------|--------------------------------------|
| $V(t)$ | : AV daripenjualan pada waktu $t \geq 0$                 | AV        | : <i>Account Value</i>               |
| $I(t)$ | : AV yang dipengaruhi oleh FCL (invetasimurni)           | FCL       | : <i>Feedback Control Linear</i>     |
| $K$    | : FG   | FG        | : <i>Feedback Gain</i>               |
| $\mu$  | : Rataan ( <i>drift</i> ) harga                          | Var       | : <i>Value at Risk</i>               |
|        | : Volatilitasharga                                       | AVD       | : <i>Account Value Drawdown</i>      |
| $T$    | : Interval Waktu   | BaH       | : <i>Buy and Hold</i>                |
| $p(t)$ | : Hargasaham   | GBM       | : <i>Geometric Brownian Motion</i>   |
| $W(t)$ | : Proses Wiener  | MAD       | : <i>Maximum Absolute Drawdown</i>   |
| $r$    | : Sukubunga ( <i>risk free of return/margin return</i> ) | MPD       | : <i>Maximum Percentage Drawdown</i> |
|        |  | SP        | : <i>Sample Path</i>                 |

Pada artikel ini digunakan data saham penutupan PT.Mayora Tbk 2 Januari 2020 sampai dengan 30 Desember 2021. Data harga saham dari PT.MayoraTbk ini akan diolah menggunakan exel dengan diasumsikan harga saham mengikuti gerak Brown Geometrik.

**Definisi 1** [5] Suatu proses stokastik  $[X(t), t \geq 0]$  diktakan proses gerak brown (brownian motion) jika:

- $X(0) = 0$
- $\{X(t), t \geq 0\}$  mempunyai kenaikan independen jika  $0 \leq s \leq t$ , maka  $X(t) - X(s)$  independen pada  $X(v)$  untuk semua  $v \leq s$
- $X(t) > 0$ ,  $X(t)$  berdistribusi normal dengan mean 0 dan variansi  $\sigma^2$

**Definisi 2** [5] Proses wiener adalah suatu proses stokastik  $[W(t), t \geq 0]$  yang memenuhi kondisi berikut ini:

- $W_0 = 0$
- Untuk interval  $0 \leq s \leq t$ ,  $W(t) - W(s)$  berdistribusi  $N(0, t - s)$  dengan mean 0 dan variansi  $(t - s)$
- Kenaikan (increment)  $W_{t_1} - W_{t_0}, W_{t_2} - W_{t_1}, \dots, W_{t_n} - W_{t_{n-1}}$  dalam interval  $0 \leq t_0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_n < \infty$  adalah independent.

Persamaan diferensial tidak hanya berlaku pada model yang deterministik tapi juga berlaku pada model yang bersifat stokastik yang dikenal dengan persamaan diferensial stokastik.

**Defenisi 3** [6]. Diberikan persamaan dalam bentuk persamaan diferensial stokastik:

$$d(t) = f(t, X(t))dt + G(t, X(t))dW_t \text{ dengan } X_{t_0} = c, t_0 \leq t \leq T < \infty \text{ dengan } W_t$$

adalah gerak brown atau proses wiener.

Harga saham merupakan variabel stokastik, karena harga saham ditentukan oleh variabel lain yaitu waktu. Harga saham dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor yang tidak dapat ditentukan secara pasti. Faktor-faktor ini dipandang sebagai komponen stokastik yang tidak dapat ditentukan sebelumnya. Oleh karena itu, perubahan harga saham dapat dipandang sebagai persamaan diferensial stokastik berikut :

$$dP(t) = \mu P(t) dt + \sigma P(t)dW_t$$

Dimana :

$P(t)$  adalah harga saham

$\mu(t)$  adalah nilai ekspektasi harga saham

$\sigma(t)$  adalah volatilitas saham yang merupakan standar deviasi

$dt$  adalah periode waktu

$W_t$  adalah proses Wiener atau Gerak Brown

Model umum return dari harga saham dinyatakan dengan  $\frac{d(t)}{P(t)}$  yang dipengaruhi oleh rata-rata harga saham dan pengaruh volatilitas/standar deviasi. Volatilitas harga saham yang fluktuatif dipengaruhi oleh kenaikan dan penurunan tiap detiknya yang perubahan tersebut dikendalikan oleh proses Wiener atau yang biasa dikenal dengan Gerak Brown. Kenaikan harga saham tersebut merupakan variabel acak yang tidak bisa diatur, karena proses naik dan turunnya harga saham mengikuti proses Gerak Brown sehingga jika harga saham naik maka peubah acak tersebut bernilai +1 dan apabila harga saham turun nilai peubah acak bernilai -1. Nilai  $\mu$  dan  $\sigma$  yang mempengaruhi return harga saham dapat diestimasi menggunakan harga saham pada hari sebelumnya. Model harga saham yang dipengaruhi oleh nilai  $\mu$  dan  $\sigma$  dengan masing - masing bergantung pada  $P$  dan  $t$ . Sehingga, diperoleh persamaan diferensial stokastiknya sebagai berikut :

$$\frac{d(t)}{P(t)} = \mu + \sigma W_t$$

Dimana :

$\mu$  adalah nilai ekspektasi *return*

$\sigma$  adalah volatilitas saham yang merupakan standar deviasi dari *return*

$W_t$  berdistribusi  $N(0, \sigma^2 t)$

Untuk mengetahui akumulasi nilai investasi yang kita miliki pada saat  $t$  maka keuntungan atau kerugian di tambah dengan tingkat suku bunga ( $r \geq 0$ ) yang dikalikan dengan selisih dari aset dalam interval waktu  $0 \leq t \leq T$ . Keuntungan atau

kerugian yang diinvestasikan di atas didapat dari mengalikan investasi awal dengan return harga saham tersebut. Sehingga, diperoleh persamaan akumulasi nilai investasi sebagai berikut:

$$dV = \frac{dp}{p} I + r(V - I) dt \quad (1)$$

Selanjutnya akan dibahas mengenai model *drawdown*, untuk menganalisis  $V(t)$  dilakukan system kontrol menggunakan FCL, sehingga nilai investasinya menjadi  $I = KV$  dengan  $K > 0$ . Jika para investor ingin memiliki keuntungan besar dalam kepemilikan asetnya sehingga haruslah nilai  $I(t) > V(t)$ . Proses BaH tidak akan berlaku lagi jika tingkat suku bunga sudah mulai dilibatkan,  $r$  akan berlaku saat nilai FG lebih dari satu. Sedangkan BaH berlaku saat  $K = 1$  [7]

Dari persamaan (1) akan dimodifikasi sehingga mendapatkan formula laju AVD, untuk melihat ini digunakan persamaan diferensial stokastik untuk  $V(t)$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned} dV &= \frac{dp}{p} I - r(I - V) dt \\ &= \frac{dp}{p} KV + r(V - KV) dt \\ &= \frac{dp}{p} KV + r(1 - K)V dt \\ &= (\mu dt + dW_t) KV - r(K - 1)V dt \\ &= (KV\mu dt + KV dW_t) - r(K - 1)V dt \quad (2) \\ &= KV\mu dt - r(K - 1)V dt + KV dW_t \\ &= [K\mu - r(K - 1)]V dt + K V dW_t \\ \frac{dV}{V} &= \left[ K\mu - r(K - 1) \right] dt + K dW_t \end{aligned}$$

dengan memodifikasi rataan  $\mu'$  dan volatilitas  $\sigma'$  sebagai  $\mu' = K\mu - r(K - 1)$  dan  $\sigma' = K\sigma$  melalui aplikasi dari Ito Lemma, [8], daftar pustaka rumus di atas dimodifikasi dan mendapatkan Gerak Brown standar  $d(\log V) = \mu_* dt + \sigma_* dW_t$  dengan

$$\sigma_* = K\sigma \quad \text{dan} \quad \mu_* = K\mu - r(K - 1) - \frac{1}{2} K^2 \sigma^2.$$

Karena  $V(t)$  adalah proses GBM, daerah samplenya kontinu, dan MAD dari  $V$  didefinisikan sebagai  $D_{\max}(V) = \max_{0 \leq s \leq t \leq T} V(s) - V(t)$ , ketika mengganti  $V$  dengan  $\log(V)$ , diperoleh  $D_{\max}(\log(V))$ , versi logaritma *wealth* dari absolute *drawdown*. Sedangkan definisi MPD dari  $V$  adalah  $d_{\max}(V) = \max_{0 \leq s \leq t \leq T} \frac{V(s) - V(t)}{V(s)}$ . Karena kenaikan  $dV$

diperoleh sebagai persentase dari  $V(t)$  pada waktu  $t$ , penyebut dalam definisi  $d_{\max}$  ada dan karena  $V(t)$  tidak mungkin nol,  $D_{\max}(\log(V))$  terdefinisi [1].

**Lemma 1** [9] Diberikan beberapa SP untuk AVD  $V(t)$ , berlaku  $d_{\max}(V) = 1 - e^{-D_{\max}(\log(V))}$  dengan  $V(t)$  adalah fungsi kontinu positif pada  $[0, T]$ , dari GBM.

**Bukti:** Ingat bahwa SP  $V(t)$  kontinu dan ada pada  $[0, T]$ ,  $\log(V(t))$  kontinu, akibatnya  $D_{\max}(\log(V))$  terdefinisi dengan baik sebagai maksimum. Ambil SP  $(s^*, t^*)$  maka  $\exists$  pasangan  $s, t$  yang mencapai  $D_{\max}(\log(V))$  yaitu:

$$D_{\max}(\log(V)) = \log(V(s^*)) - \log(V(t^*)) = \log\left(\frac{V(s^*)}{V(t^*)}\right). \text{ Karena log fungsi naik, maka}$$

$$\frac{V(s)}{V(t)} \text{ maksimum dan } \frac{V(t)}{V(s)} \text{ minimum atau memaksimalkan } 1 - \frac{V(t)}{V(s)} = \frac{V(s) - V(t)}{V(s)}$$

sehingga

$$d_{\max}(V) = 1 - \frac{V(t^*)}{V(s^*)} = 1 - e^{-\log\left(\frac{V(s^*)}{V(t^*)}\right)} = 1 - e^{-D_{\max}(\log(V))} \quad \text{W}$$

Dalam [10], sepasang fungsi bernilai riil yaitu  $Q_p(x)$  dan  $Q_n(x)$  (*Q-Function*) diperkenalkan dalam analisis *absolute drawdown* untuk Gerak Brown  $dp = \mu dt + dW_t$ . Kedua fungsi melibatkan integral rumit yang dihitung secara numerik.[11]

**Kasus I** [1]: AVD sesuai dengan BaH dengan  $K = 1$  dan investasi  $I(t) = V(t) = p(t)$ .

**Kasus II** [1]: Untuk FCL  $I = KV$  dengan  $r = 0$ , MAD dari *logarithmic wealth* memiliki nilai ekspektasi

|  |   |
|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>Kasus I:</b></p> $E(D_{\max}(V)) = \begin{cases} \frac{2}{\mu} Q_p\left(\frac{\mu^2 T}{2}\right), & \text{jika } \mu > 0 \\ 1.2533 \sqrt{T}, & \text{jika } \mu = 0 \\ -\frac{2}{\mu} Q_n\left(\frac{\mu^2 T}{2}\right), & \text{jika } \mu < 0 \end{cases}$ | <p style="text-align: center;"><b>Kasus II:</b></p> $E(D_{\max}(\log V)) = \begin{cases} \frac{2K^2}{\mu - \frac{1}{2}K^2} Q_p\left(\frac{\left(\mu - \frac{1}{2}K^2\right)^2 T}{2}\right), & \text{jika } K < \frac{2\mu}{2} \\ 1.2533 \sqrt{T}, & \text{jika } K = \frac{2\mu}{2} \\ -\frac{2K^2}{\mu - \frac{1}{2}K^2} Q_n\left(\frac{\left(\mu - \frac{1}{2}K^2\right)^2 T}{2}\right), & \text{jika } K > \frac{2\mu}{2} \end{cases}$ |
|--|---|

**Teorema** [1]: Karena kasus II maka MPD menjadi  $E(D_{\max}(V)) = 1 - e^{-E(D_{\max}(\log V))}$ .

**Bukti:** Persamaan diferensial stokastik  $\log V$  adalah GBM dengan rata-rata dan volatilitas yang diberikan oleh  $\mu_* = K\mu - \frac{1}{2}K^2\sigma^2$ ;  $\sigma_* = K\sigma$ . Substitusikan  $\mu_*$  ke  $\mu$ ,  $\sigma_*$  ke  $\sigma$  dan  $\log V$  ke  $V$  dalam  $E(D_{\max}(V))$  di atas, diperoleh:

$$E(D_{\max}(\log V)) = \begin{cases} \frac{2\sigma_*^2}{\mu_*} Q_p\left(\frac{\mu_* T}{2\sigma_*^2}\right), & \text{jika } \mu_* > 0 \\ 1.2533\sigma_*\sqrt{T}, & \text{jika } \mu_* = 0 \\ -\frac{2\sigma_*^2}{\mu_*} Q_n\left(\frac{\mu_* T}{2\sigma_*^2}\right), & \text{jika } \mu_* < 0 \end{cases}$$

Kemudian  $\mu$  dan  $\sigma$  diubah dengan nilai-nilai  $\mu_*$  dan  $\sigma_*$  yang sesuai dengan  $K > 0$ , perhitungan ini untuk mendapatkan  $E(D_{\max}(\log(V)))$ . Sehingga untuk SP sebarang  $V(t)$ , sesuai dengan Lemma di atas, sehingga diperoleh  $d_{\max}(V) = 1 - e^{-D_{\max}(\log(V))}$ . Karena  $\log V$  cekung ke atas maka untuk ekspektasi dan menggunakan ketidaksamaan Jensen, diperoleh:  $E(d_{\max}(V)) \leq 1 - e^{-E(D_{\max}(\log V))}$   $\forall$

**Kasus3:** Untuk  $r \neq 0$ ,  $\sigma > 1$ ,

$$E(D_{\max}(\log(V))) = \begin{cases} \frac{2\sigma^2}{\mu - r(1) - \frac{1}{2}\sigma^2} Q_p\left(\frac{\left(\mu - r(1) - \frac{1}{2}\sigma^2\right)^2 T}{2\sigma^2}\right), & \text{jika } \mu > 0, \sigma \in [1, \rho] \\ E(D_{\max}(\log(V))) = 1.2533\sigma\sqrt{T}, & \text{jika } \mu = 0, \sigma = \rho \\ E(D_{\max}(\log(V))) = \frac{-2\sigma^2}{\mu - r(1) - \frac{1}{2}\sigma^2} Q_n\left(\frac{\left(\mu - r(1) - \frac{1}{2}\sigma^2\right)^2 T}{2\sigma^2}\right), & \text{jika } \mu > 0, \sigma > \rho \end{cases}$$

**Kasus 4 [1]:** Versi asimptotik yaitu saat  $T \rightarrow \infty$  dengan

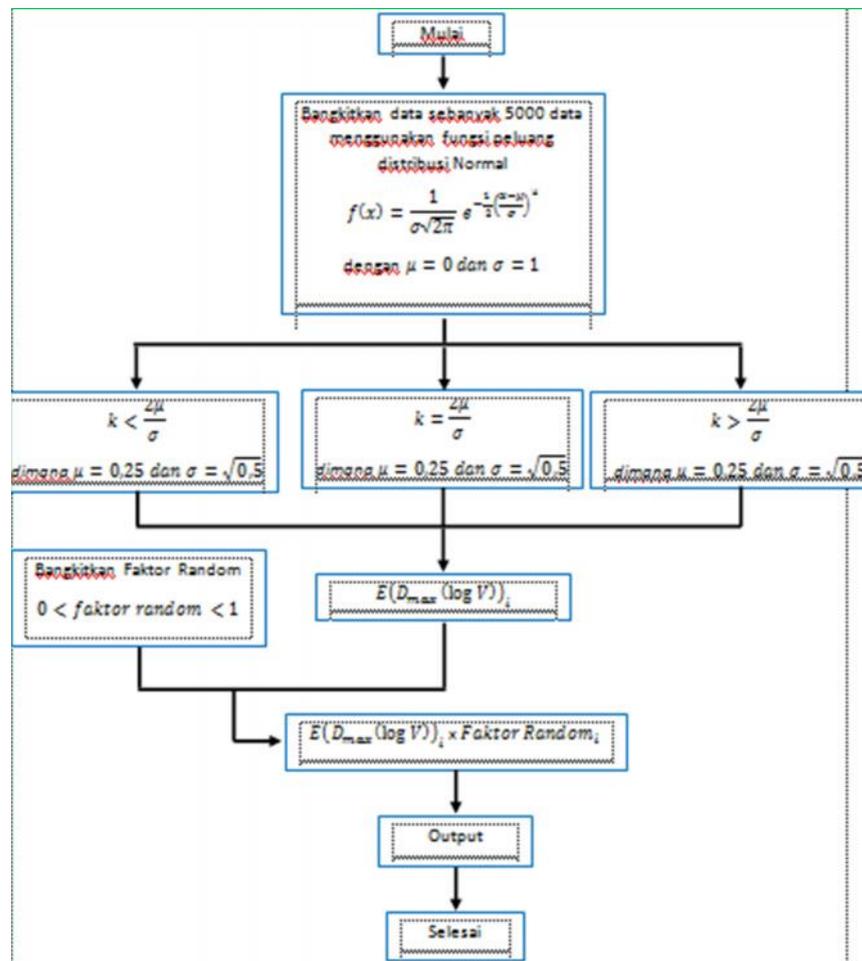
$$Q_p(x) \approx \frac{1}{4} \log x + 0.4988, \quad Q_n(x) \approx x + \frac{1}{2}, \text{ maka}$$

$$E(D_{\max}(\log(V))) \approx \begin{cases} \frac{4K^2}{2\mu - K^2} \left(0.63519 + 0.5 \log T + \log \frac{\mu - 0.5K^2}{2}\right), & \text{jika } K < \frac{2\mu}{2} \\ 1.2533K\sqrt{T}, & \text{jika } K = \frac{2\mu}{2} \\ -(\mu K - 0.5K^2)T - \frac{K^2}{\mu - 0.5K^2}, & \text{jika } K > \frac{2\mu}{2} \end{cases}$$

Simulasi monte carlo adalah metode yang digunakan dalam memodelkan dan menganalisa sistem yang mengandung resiko dan ketidak-pastian [12]. metode yang digunakan dalam simulasi monte carlo terbagi menjadi beberapa tahap yaitu :

1. Membuat distribusi kemungkinan untuk variabel tertentu  
 Gagasan dasar dari simulasi monte carlo adalah membuat nilai dari tiap variabel yang merupakanbagiandari model yang dipelajari
2. Membuat distribusi komulatif untuk tiap variabel yang penting ditahap pertama  
 Distribusi komulatif  $F(X)$  suatu peubah acak  $X$  dan distribusi peluang  $f(X)$  di nyatakan oleh  $F(X)= P(X \leq x)$
3. Menentukan angka acak untuk tiap variabel  
 Setelah menentukan distribusi probabilitas komulatif untuk tiap variabel dalam simulasi ,selanjutnya tentukan batas atas atau interval angka acak yang mewakili tiap kemungkinan hasil.

Langkah -langkah dalam melakukan simulasi Monte Carlo dapat digambarkan seperti diagram alur pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Simulasi Monte Carlo

Simulasi yang dilakukan dengan menggunakan Monte Carlo. simulasi Monte Carlo dengan istilah *Sampling Simulation* atau *Monte Carlo Sampling Technique*. Sampling simulasi ini menggambarkan kemungkinan penggunaan data sampel dengan metode Monte Carlo dan juga sudah dapat diketahui atau diperkirakan distribusinya [13]. Simulasi ini menggunakan data yang sudah ada (*historical data*) yang sebenarnya dipakai pada simulasi yang mengikut sertakan *inventory* atau *sampling* dengan distribusi probabilitas yang dapat diketahui dan ditentukan, maka secara simulasi Monte Carlo ini dapat digunakan. Ide dasar dari simulasi Monte Carlo ini adalah *generate* atau menghasilkan suatu nilai untuk membentuk suatu model dari variabelnya dan dipelajari.[13]

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan analisa data akan dikaji tentang bagaimana keadaan data agar dapat dipakai sesuai dengan teori-teori yang dipakai. Pada pembahasan pada bab ini akan dikaji tentang analisa data deskriptif, memeriksa apakah data memenuhi asumsi-asumsi dari gerak Brown, pemodelan harga komoditi, kajian drawdown, dan teorema penaksiran maksimum persentase *drawdown*.

### Analisis Data Deskriptif

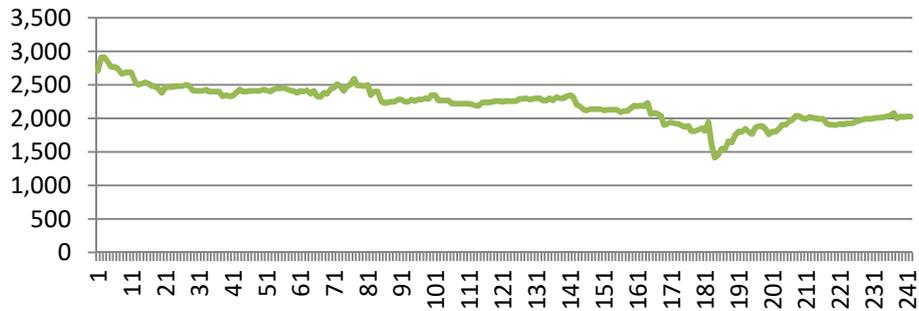
Analisa data deskriptif dari **SahamPT.MayoraTbk.** 2 Januari2020 sd 31 Desember 2020 adalah sebagai berikut:

**Tabel 2. Statistik Deskriptif data SahamPT.MayoraTbk. 2 Januari 2020 sampai dengan 31 Desember 2021**

|                    |          |
|--------------------|----------|
| Count              | 242      |
| Sum                | 535.015  |
| Average            | 2211     |
| Median             | 2260     |
| Standard Deviation | 262,719  |
| Variance           | 69.021,2 |
| Skewness           | -0,2508  |
| Kurtosis           | 0,11414  |

Data harga komoditi memiliki rata-rata 2211 . Nilai  $r_1 - r_0 < m$  maka skewness bernilai negative yang dapat diartikan bahwa sebagian besar nilai berada di atas rata-rata .Terlihat dari nilai kurtosis yang bernilai negative (*platykurtic distribution*) maka data memiliki puncak distribusi yang landai dari pada distribusi normal. Standar deviasi pada data sahamPT.MayoraTbk tersebut adalah 262,719. Nilai standar deviasi adalah akar positif dari variansi, yang artinya jika semakin kecil standar deviasi dari sebuah data maka variabilitasnya data akan semakin kecil.

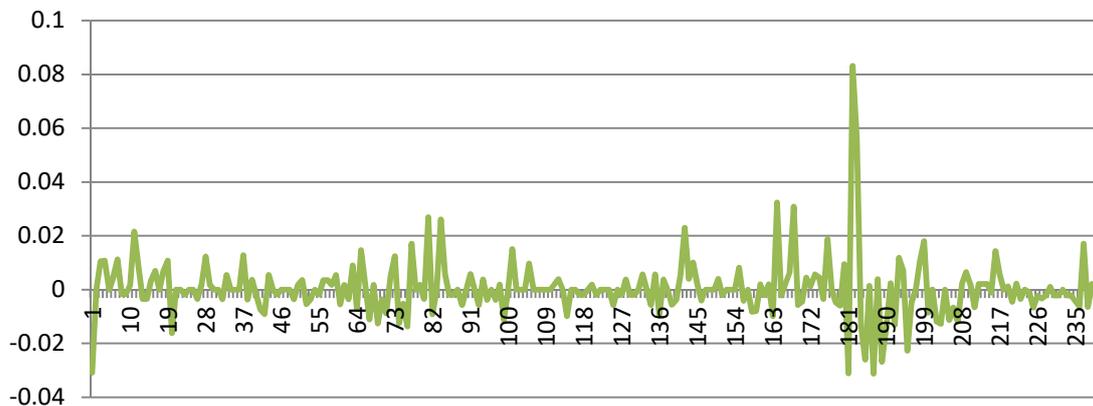
Setelah syarat-syarat dari data tersebut dipenuhi maka akan dimodelkan menjadi gerak Brown geometric dimana data di sini adalah data per hari, karena sifat dari gerak Brown geometric adalah waktu dibawa menuju nol, maka waktu per hari tersebut akan peneliti bagi dengan delta  $t = 1$  hari, artinya sehari diamati setiap satu hari. Berikut adalah plot data harga saham PT. Mayora Tbk.



**Gambar 2. Data asli PT. Mayora Tbk. Dari 2 Januari 2020-31 Desember 2021**

Dari gambar plot data asli dari harga saham PT. Mayora Tbk ini belum terlihat dimana drawdown yang sesungguhnya. Sehingga diperlukan data return dari harga saham penutupan dari PT. Mayora Tbk yang diasumsikan mengikuti gerak Brown Geometrik.

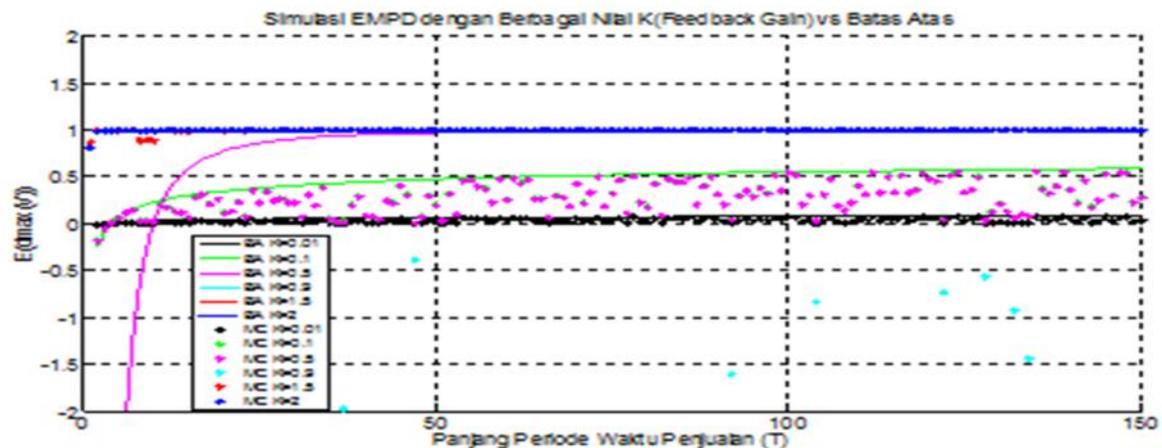
Untuk memodelkan harga dari komoditi ini digunakan parameter-parameter dari data *return*. Berikut adalah plot untuk data return dari data harga komoditi tersebut:



**Gambar 3. Plot Return data PT. Saham PT. Mayora Tbk**

Dari gambar data harga saham PT. Mayora Tbk ini terlihat sangat banyak drawdown atau penurunan berurutan yang terjadi, sehingga diperlukan feedback Gain yang dapat mengontrol penurunan drastis ini. Dari data *return* di atas diperoleh parameter untuk  $\mu = 0.000471$  dan standar deviasi  $\sigma = 0.006361225$ . Parameter-parameter inilah yang akan digunakan untuk memodelkan harga yang mengikuti gerak Brown Geometrik seperti gambar di atas. Setelah mengamati nilai *account value*

*drawdown* , kemudian akan dihitung penaksiran tentang ekspektasi maksimum persentase *drawdown* . Kasus yang dipakai untuk menaksir ekspektasi maksimum persentase *drawdown* adalah kasus II. Teorema penaksiran yang dipilih berdasarkan pada asumsi bahwa pada penelitian ini panjang periode waktu penelitian adalah terbatas atau berhingga, dan suku bunga  $r = 0$ . Dengan bantuan software SPSS dan MATLAB diperoleh plot penaksiran ekspektasi maksimum persentase *drawdown* dengan  $\mu = 0.0000471$  ,  $\sigma = 0.0063$  ,  $T = 1$  tahun.



Dari plot dapat dilihat nilai yang maksimum dan error nya paling kecil berada di sekitar 0.45 atau sekitar 45% , artinya harapan untuk penurunan modal atau nilai perhitungan penjualan saham PT. Mayora Tbk. paling maksimal adalah 0,45 dari modal awal. Jika melebihi batas atas tersebut kemungkinan akan berdampak pada modal yang dimiliki sehingga proses produksi akan menurun, tergantung berapa besar modal yang akan diinvestasikan dan berapa modal yang digunakan untuk keperluan lainnya.

## SIMPULAN

Dari plot data PT Saham PT. Mayora Tbk menggunakan Simulasi Monte Carlo dapat dilihat nilai yang maksimum dan errornya paling kecil berada di sekitar 0.45 atau sekitar 45%, artinya harapan untuk penurunan modal atau nilai perhitungan penjualan saham PT. Mayora Tbk. paling maksimal adalah 0,45 dari modal awal. Jika melebihi batas atas tersebut kemungkinan akan berdampak pada modal yang dimiliki sehingga proses produksi akan menurun, tergantung berapa besar modal yang akan diinvestasikan dan berapa modal yang digunakan untuk keperluan lainnya. Kemudian Ukuran risiko dapat diatasi dengan menganalisis perubahan nilai dari tinggi ke rendah (mirip dengan proses difusi). Sehingga formula *drawdown* dapat diaplikasikan dalam kasus ini. Bagus tidaknya suatu investasi yang dimiliki investor dapat kita hitung dari data historisnya dengan mencari batas atas dari *drawdown*, semakin kecil batas atasnya maka semakin menguntungkan investasi yang dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Malekpour and B. R. Barmish, "A drawdown formula for stock trading via linear feedback in a market governed by brownian motion," in *2013 European Control Conference (ECC)*, 2013, pp. 87–92.
- [2] P. Jorion, *Value at risk: the new benchmark for managing financial risk*. The McGraw-Hill Companies, Inc., 2007.
- [3] B. R. Barmish and J. A. Primbs, "On arbitrage possibilities via linear feedback in an idealized brownian motion stock market," in *2011 50th IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference*, 2011, pp. 2889–2894.
- [4] K. R. Rafael, "Extreme Price Drawdowns in Financial Markets With Time-Varying Volatility," *Master Thesis eth Zurich*, 2011.
- [5] S. M. Ross *et al.*, *Stochastic processes*, vol. 2. Wiley New York, 1996.
- [6] B. J. Robert, "An Undergraduate Introduction to Financial Mathematics," *World Sci. Publ. Co.Pto.Ltd.*, 2005.
- [7] M. Magdon-Ismael, A. Atiya, A. Pratap, and Y. Abu-Mostafa, "The maximum drawdown of the Brownian motion," in *2003 IEEE International Conference on Computational Intelligence for Financial Engineering, 2003. Proceedings.*, 2003, pp. 243–247.
- [8] B. Oksendal, *Stochastic differential equations: an introduction with applications*. Springer Science & Business Media, 2013.
- [9] S. Malekpour and B. R. Barmish, "How useful are mean-variance considerations in stock trading via feedback control?," in *2012 IEEE 51st IEEE Conference on Decision and Control (CDC)*, 2012, pp. 2110–2115.
- [10] Q-function, "Q-function." [Online]. Available: <http://www.cs.rpi.edu//magdon/data/Qfunctions.html>.
- [11] A. Atiya, A. Pratap, and Y. Abu-Mostafa, "An Analysis of the Maximum Drawdown Risk Measure," 2004.
- [12] B. McCabe, "Monte Carlo Simulation For Schedule Risks," in *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*.
- [13] Y. H. Kwak and L. Ingall, "Exploring Monte Carlo simulation applications for project management," *Risk Manag.*, vol. 9, no. 1, pp. 44–57, 2007.