

# PENYELESAIAN PERMASALAH PENCARIAN NILAI VOLATILITAS OPTIMAL DENGAN METODE *IMPLIED VOLATILITY* OPSI SAHAM DAN *PARTICLE SWARMS OPTIMIZATION*

Megi rahma dony<sup>1</sup> Jondri<sup>2</sup> Irma Palupi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi Ilmu Komputasi Telkom University, Bandung

<sup>1</sup>[megirahmadonv@gmail.com](mailto:megirahmadonv@gmail.com) <sup>2</sup>[Jondri123@gmail.com](mailto:Jondri123@gmail.com) <sup>3</sup>[irma.palupi@gmail.com](mailto:irma.palupi@gmail.com)

## Abstrak

Volatilitas merupakan instrument penting dalam opsi saham. Hal tersebut dikarenakan volatilitas memiliki hubungan yang kuat dengan harga opsi saham. Dengan menentukan nilai volatilitas di masa mendatang, maka kita dapat mengetahui harga opsi di waktu mendatang. Salah satu cara menentukan nilai volatilitas dengan menggunakan data volatilitas yang ada, disebut sebagai *implied volatility*. *Implied volatility* dapat ditentukan dengan menyamakan harga teoritis dengan harga pasar. Model *Black-Scholes* adalah salah satu model teoritis untuk menentukan harga opsi saham. Fungsi implisit dari harga teoritis dengan harga pasar, maka dapat ditentukan nilai volatilitas. Untuk mengoptimalkan nilai volatilitas, maka digunakan *Particle Swarms Optimization* (PSO) sebagai algoritma optimasi. Pencarian dengan PSO didasarkan pada *intelligence* unggas dalam mencari sumber makanan. Terdapat kecepatan dan posisi dalam pencarian menggunakan PSO untuk setiap partikel dalam menemukan nilai optimal. Hasil dari metode *implied volatility* dan *Particle Swarms Optimization* menunjukkan bahwa nilai volatilitas yang dihasilkan adalah nilai volatilitas optimal dan konvergen. dimana semakin dekat jarak antara *lowerbound* dan *upperbound* maka semakin cepat nilai menuju konvergen.

**Kata Kunci :** *Implied Volatility*, Model *Black-Scholes*, *Particle Swarm Optimization*

## Abstract

*Volatility is an important instrument in stock options. That is because volatility has a strong relationship with the price of stock options. By determining the value of the volatility in the future, then we can know the price of the option in the future. One way to determine the value of volatility using data from existing volatility is called implied volatility. Implied volatility can be determined by equating the theoretical price to the market price. Black-Scholes model is one of the theoretical model to determine the price of stock option. Implicit function of the theoretical price to the market price, it can be determined the value of the volatility. To optimize the value of volatility, particle swarm's optimization is used (pso) as optimization algorithm. Searching with PSO is based on the intelligence of fowl in the search for food sources. There is speed and position in the search using PSO for every particle in finding the optimal value. The Value of implied volatility method and particle swarms optimization is showing that the resulting volatility value is optimum volatility and convergent. The closer distance between lowerbound and upperbound, the faster the value heading to convergent.*

**Keywords:** *Implied Volatility, Black-Scholes, Particle Swarm Optimization*

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Investasi merupakan salah satu bentuk kegiatan ekonomi yang sangat tren dalam dunia globalisasi saat ini. Investasi memberikan keuntungan cukup menggiurkan bagi para investor. Dibalik keuntungan yang didapat oleh para investor, namun perlu diingat bahwa terdapat nilai risiko (volatilitas) yang mempengaruhi keuntungan tersebut.

Volatilitas adalah salah satu bentuk instrument penting dalam dunia investasi, khususnya dalam opsi saham. Opsi saham adalah salah satu bentuk produk derivatif dalam saham dan nilainya bergantung pada asset yang mendasarinya. Volatilitas sendiri mempunyai hubungan yang positif dengan harga opsi saham. Semakin tinggi nilai volatilitas, maka *return* dari opsi saham juga tinggi. Pada saat nilai volatilitas turun, maka banyak investor memilih untuk menahan saham mereka dengan jangka waktu

yang lebih lama. dengan harapan nilai *return* yang tinggi (1).

Berdasarkan kriteria yang sudah dijelaskan, perhitungan untuk volatilitas menjadi sangat penting. Dengan mengestimasi nilai volatilitas tentu akan dapat menentukan harga opsi pada masa mendatang. Ada banyak cara dalam menghitung volatilitas tersebut, salah satu dengan *historical volatility*. *Historical volatility* merupakan metode untuk mengestimasi nilai volalitas berdasarkan nilai-nilai harga opsi dimasa lalu. Namun metode seperti ini kurang representatif untuk mentaksir nilai volatilitas di waktu mendatang. Cara lain adalah menghitung nilai volatilitas dengan menggunakan nilai volatilitas yang ada, disebut juga dengan *Implied Volatility*. Perhitungan nilai volalitas ini, bisa ditentukan dengan menggunakan model *Black- Scholes* (2).

Dengan model *Black-Scholes*, kita dapat mengestimasi nilai volatilitas pada waktu

mendatang. Untuk mengoptimalkan nilai volatilitas, maka digunakan metode *Particle Swarms Optimization* (PSO). Dalam permasalahan optimasi ini, PSO memberikan nilai optimasi terbaik dalam pencariannya. Algoritma *Particle Swarms Optimization*, solusi optimal diperoleh dengan pergerakan nilai (partikel) digambarkan seperti garis dan faktor eksternal mengarahkan garis tersebut bergerak mengarah dan mendekati titik optimal (3).

Penelitian ini akan memberikan nilai prediksi untuk volatilitas dengan menggunakan model *Black-Scholes* dan akan dioptimalkan dalam pencarian nilai tersebut menggunakan *Particle Swarms Optimization* (PSO).

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Saham

Investasi merupakan tindakan ekonomi dengan menempatkan sejumlah uang atau menyimpan dengan harapan mendapatkan keuntungan financial di waktu mendatang. Tujuan berinvestasi adalah mengharapkan laba (*return*). Namun investasi juga menghasilkan resiko yang ditanggung sesuai dengan jenis dan bentuk investasinya. Secara garis besar, ada beberapa produk investasi yaitu, surat berharga, saham/obligasi, bukti hutang (*Promissory Notes*), bunga atau partisipasi dalam suatu perjanjian kolektif (Reksa dana) (4).

### 2.2 Harga Saham

Opsi (*options*) adalah suatu kontrak yang dimiliki pemegang opsi (*holder*) berupa hak (bukan kewajiban) untuk membeli atau menjual saham kepada penerbit opsi (*writer*) pada harga tertentu dan waktu tertentu yang telah ditentukan dimuka (5).

Terdapat beberapa variabel yang berpengaruh pada opsi saham :

#### 1. Harga Saham

Harga saham memiliki hubungan yang searah dengan harga opsi beli, artinya jika harga saham naik maka harga opsi beli akan meningkat. Sedangkan dalam kaitannya dengan opsi jual harga saham memiliki hubungan yang terbalik, jika harga saham naik maka harga opsi jual akan turun karena nilai intrinsiknya menurun.

#### 2. Harga *Strikes*

Harga *strike* sebuah opsi besarnya akan tetap selama umur opsi tersebut. Jika semua faktor lain diasumsikan tetap, semakin rendah harga *strike* maka akan semakin tinggi harga opsi beli. Sedangkan untuk opsi jual, jika semakin tinggi harga *strike* maka akan semakin tinggi harga opsi jual tersebut.

#### 3. Waktu jatuh tempo

Setelah waktu jatuh tempo maka sebuah opsi tidak mempunyai nilai apa-apa, sehingga jika semua

faktor lain tetap. Semakin lama waktu jatuh tempo sebuah opsi maka akan semakin tinggi harga opsi tersebut. Hal ini dikarenakan jika waktu jatuh tempo sebuah opsi relatif pendek, maka akan sedikit waktu yang tersedia bagi investor untuk berspekulasi terhadap kenaikan atau penurunan harga saham.

#### 4. Tingkat suku bunga bebas resiko

Tingkat suku bunga bebas resiko merupakan tingkat suku bunga yang bebas resiko sama sekali. Pada tingkat suku bunga bebas resiko jangka pendek, investor akan semakin tertarik untuk membeli opsi beli daripada membeli saham. Hal ini akan menyebabkan harga opsi beli naik dan harga opsi jual turun.

#### 5. Volatilitas harga saham

Volatilitas merupakan harga fluktuasi dari sebuah saham. Jika semua faktor lain dianggap tetap, semakin besar volatilitas harga saham yang diharapkan maka harga opsi juga semakin tinggi. Hal ini dikarenakan semakin besar volatilitas maka akan semakin besar probabilitas bahwa harga saham akan mengalami perubahan.

#### 6. Dividen

Dividen merupakan pembagian keuntungan atas saham untuk pemegang saham. namun tidak semua tidak semua saham dibagi keuntungannya, tergantung dengan kondisi perusahaan saat itu.

Terdapat 2 tipe opsi saham, yaitu :

##### Opsi Eropa

- Bentuk opsi yang dapat dieksekusi hanya di waktu jatuh tempo Investor. Untuk harga opsi dengan jenis opsi Eropa. Apabila saat jangka waktu yang telah ditentukan (*expiration date*) pemegang opsi tidak mempergunakan hak opsinya, maka hak tersebut akan hilang atau tidak berlaku lagi. Opsi Eropa dihitung dengan model *Black-Scholes*.

##### Opsi Amerika

- Opsi yang boleh dilakukan kapan saja, tidak harus menunggu waktu jatuh tempo. Eksekusi yang dilakukan sebelum waktu jatuh tempo disebut eksekusi awal. Tambahan fasilitas eksekusi awal tentu membuat nilai opsi Amerika tidak jauh lebih rendah dibandingkan dengan nilai opsi Eropa (6).

### 2.2.1 Opsi *Call*

Opsi *call* adalah hak untuk membeli suatu saham dengan harga tertentu dengan masa berlaku hingga waktu tertentu. Opsi dinotasikan dengan *C*.

Berdasarkan pengertian dari opsi *call*, harga opsi *call* merupakan selisih antara harga saham dengan harga *strike*. Bentuk persamaan matematis nilai intrinsik (*payoff*) opsi *call* sebagai berikut:

$$C^* = S - K - 0 \tag{2.1}$$

Dari persamaan (2.1) menunjukkan opsi beli akan bernilai nol jika harga *strike* lebih tinggi dari harga saham. Jika harga saham lebih tinggi dari harga *strike* maka nilai opsi beli merupakan selisih dari harga saham dengan harga *strike*, sehingga opsi beli dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu,

- Opsi beli dikatakan *out of the money*, jika harga saham lebih rendah dari pada harga *strike* dan opsi ini akan bernilai nol.
- Opsi beli dikatakan *in the money*, jika harga saham lebih tinggi dari harga *strike* dan bernilai positif.
- Opsi beli dikatakan *at the money*, jika harga saham sama dengan harga *strike*.

**2.2.2 Opsi Put**

Opsi *put* adalah hak untuk menjual suatu saham pada harga tertentu dengan masa berlaku hingga waktu tertentu. Opsi put dinotasikan dengan *P*. Bentuk persamaan matematis nilai intrinsik (*payoff*) opsi *put* sebagai berikut:

$$P^* = K - S - 0 \tag{2.2}$$

Dari persamaan (2.2) menunjukkan opsi *put* akan bernilai nol, jika harga saham lebih tinggi dari harga *strike*. Jika harga *strike* lebih tinggi dari harga saham maka nilai opsi jual merupakan selisih dari harga *strike* dengan harga saham, sehingga opsi jual dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu,

- Opsi jual dikatakan *out of the money*, jika harga saham lebih tinggi dari pada harga *strike* dan opsi ini akan bernilai nol.
- Opsi jual dikatakan *in the money*, jika harga saham lebih rendah dari harga *strike* dan bernilai positif.
- Opsi jual dikatakan *at the money*, jika harga saham sama dengan harga *strike*, sehingga opsi ini akan bernilai nol.

**2.3 Volatilitas**

Volatilitas merupakan sebuah variabel yang fundamental ketika menilai harga opsi. Volatilitas mempunyai hubungan yang positif dengan harga opsi. Bila volatilitas naik maka harga opsi juga akan ikut naik. Hal ini menunjukkan bahwa volatilitas dan harga opsi berbanding lurus. Volatilitas itu sendiri sering dipergunakan untuk melihat turun dan naiknya saham. Tentunya perhitungan untuk volatilitas menjadi sangat penting. Apabila nilai volatilitas turun maka kemungkinan investor tidak akan melakukan eksekusi pada saham yang dimiliki, bahkan akan memutuskan untuk menahan saham dengan jangka waktu yang lebih lama. Pada kondisi volatilitas yang turun, investor tidak mendapatkan nilai keuntungan

investor harus melakukan strategi *trading* yang tepat (6).

Volatilitas sering dianggap oleh berbagai pihak berbeda dengan risiko. Perbedaan itu terletak pada pengungkapannya, tetapi sama-sama mempunyai perhitungan yang dikenal dengan varians. Adapun varians dihitung dengan rumusan sebagai berikut:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n-1} \tag{2.3}$$

Dimana

$\frac{1}{2}$

jika melakukan eksekusi pada saham. Tentunya dengan keadaan seperti ini,

- $\sigma$  = variansi  
 $R_t$  = return dari harga saham pada waktu ke  $t$   
 $\bar{R}$  = rata-rata *return*  
 $n$  = jumlah data saham

#### 2.4 Model *Black-Scholes*

Model *Black-Scholes* adalah model yang dikenalkan oleh Fisher Black dan Myron Scholes (1973) untuk menentukan harga opsi. Model *Black-Scholes* hanya dapat digunakan untuk opsi tipe Eropa. Model ini hanya dapat digunakan pada saat jatuh tempo saja. Model *Black-Scholes* didasarkan pada asumsi bahwa opsi yang digunakan adalah opsi tipe Eropa dan tidak terdapat pajak serta biaya transaksi sampai waktu jatuh tempo opsi tersebut (9)

Model *Black-Scholes* memiliki asumsi sebagai berikut (2) :

- a. Sebaran harga saham adalah lognormal.
- b. Suku bunga  $r$  dianggap konstan sepanjang waktu.
- c. Saham tidak memberikan dividen.
- d. Tidak ada biaya dalam jual-beli saham.
- e. Saham dapat berbentuk pecahan.
- f. Tidak ada hukuman untuk melakukan *short selling* dan kegiatan ini diijinkan.
- g. Tidak ada kemungkinan untuk melakukan *arbitrage*. *Arbitrage* adalah tindakan dimana membeli sekuritas yang berharga rendah disuatu pasar dan pada saat yang sama menjual dengan harga yang lebih tinggi di pasar yang berbeda.

Moore dan Juh melakukan penelitian tentang perbandingan harga derivatif dalam hal ini adalah nilai volatilitas pada waktu sebelum model *Black-Scholes* dikembangkan dan pada waktu *Black-Scholes* sudah berkembang dengan studi kasus Bursa Efek Johannesburg (BEJ) di Afrika Selatan. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa sebelum model *Black-Scholes* dikembangkan, nilai volatilitas dari harga saham-saham yang tergabung pada BEJ yang lebih rendah dibandingkan setelah model *Black-Scholes* dikembangkan. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan teori *Black-Scholes* telah

meningkatkan kinerja investor di Afrika Selatan (10)

Adapun model *Black-Scholes* untuk menentukan harga opsi, sebagai berikut :

$$Call\ options : C = S_0 N(d_1) - Ke^{-rt} N(d_2) \quad (2.4)$$

$$Put\ options : P = Ke^{-rt} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \quad (2.5)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}} \quad (2.6)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t} \quad (2.7)$$

Dimana :

- C = Harga opsi call
- S = Harga sekarang
- K = Harga perjanjian (*strikes*)
- T = Periode opsi (*maturity*)
- t = waktu eksekusi opsi
- P = Harga Opsi put
- N (d<sub>i</sub>) = Normal distribusi dengan nilai d<sub>i</sub> dimana i : 1,2,...n
- r = Tingkat bunga bebas risiko
- σ = Volatilitas harga saham

N(d<sub>1</sub>) dan N (d<sub>2</sub>) merupakan fungsi distribusi normal kumulatif atau disebut juga CFD. Variabel random X mengikuti distribusi normal dengan mean μ dan σ<sup>2</sup>, sehingga dinotasikan N(μ, σ<sup>2</sup>), mempunyai fungsi kepadatan :

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (2.8)$$

Untuk  $-\infty < x < \infty$ , dengan  $-\infty < \mu < \infty$  dan  $\sigma > 0$

Oleh karena itu, variabel random X mempunyai fungsi distribusi normal kumulatif atau CDF yaitu :

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx \quad (2.9)$$

Sehingga dapat disederhanakan menjadi

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx \quad (3.0)$$

representatif. Sedangkan dengan mengetahui nilai volatilitas dari suatu saham juga dapat menentukan harga opsi yang tepat.

Metode lainnya dengan menggunakan *implied volatility*. *Implied volatility* menggunakan data sekarang untuk menentukan nilai volatilitas masa mendatang. *Implied volatility* menggunakan model *Black-Scholes* untuk menentukan nilai volatilitas. Dalam model *Black-Scholes* diperlukan beberapa parameter yaitu harga saham (S<sub>0</sub>), *strike price* (K), *maturity time* (T), suku bunga (r), dan volatilitas dari

saham (σ). Hampir semua parameter dapat diperoleh dibursa, hanya nilai volatilitas yang tidak dapat diperoleh langsung (2). Metode seperti ini dilakukan

dengan cara menyamakan harga teoritis dengan harga pasar, yaitu C<sub>teoritis</sub> = C<sub>pasar</sub>. Dengan memisalkan C<sub>teoritis</sub> = C<sub>teoritis</sub>(σ) - C<sub>teoritis</sub>(σ)\*, maka dapat dilihat bahwa nilai volatilitas adalah akar persamaan dari C<sub>teoritis</sub>(σ).

$$C = C^* \quad (3.1)$$

$$C - C^* = 0 \quad (3.2)$$

Sehingga dapat ditulis

$$C(\sigma) = C^* \quad (3.3)$$

Nilai volatilitas didapat dengan fungsi implisit dari model *Black-Scholes*. Fungsi implisit untuk *implied volatility* opsi *call* dan *put* sebagai berikut :

$$C(\sigma) = S_0 N(d_1) - Ke^{-rt} N(d_2) - C^* \quad (3.4)$$

$$P(\sigma) = Ke^{-rt} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) - P^* \quad (3.5)$$

Dengan meminimumkan fungsi pada (2.6), maka didapatkan nilai volatilitas (σ) secara implisit.

### 2.6 Particle Swarms Optimization

Berdasarkan pada (3), *Particle Swarms Optimization* (PSO) merupakan salah satu algoritma stokastik terbaik yang dikembangkan oleh Dr.Eberhart dan Dr.Kennedy (1995) dalam permasalahan optimasi. PSO berbasis pada dasar pendekatan dengan meniru sifat dari kawanan serangga seperti semut, rayap, lebah atau burung.

Perilaku sosial terdiri dari tindakan individu dan pengaruh dari individu-individu lain dalam suatu kelompok. Sebagai sebuah alat optimasi, PSO menawarkan suatu prosedur pencarian (*search*

### 2.5 *Implied Volatility* dengan Model *Black-Scholes*

Nilai volatilitas dapat ditentukan dengan metode sederhana. Dapat diprediksi dengan menggunakan data masa lalu, disebut juga *historical volatility*. Metode ini dengan menghitung nilai standar deviasi, seperti yang dijelaskan pada rumus (2.3). Namun penggunaan *historical data* dalam menentukan nilai volatilitas, tidak menghasilkan nilai volatilitas yang

*procedure*) berdasarkan populasi yang di dalamnya individu-individu, yang disebut *particles*, mengubah posisi, atau *state* mereka terhadap waktu. Mereka ‘terbang’ mengitari suatu ruang pencarian multi dimensi (multidimensional search space).

Ciri khas dari PSO adalah pengaturan kecepatan partikel secara heuristik dan probabilistik. Jika suatu partikel memiliki kecepatan yang konstan maka jika jejak posisi suatu partikel divisualisasikan akan membentuk garis lurus. Dengan adanya faktor

eksternal yang membelokkan garis tersebut yang kemudian menggerakkan partikel dalam ruang pencarian maka diharapkan partikel dapat mengarah,

mendekati, dan pada akhirnya mencapai titik optimal. Faktor eksternal yang dimaksud antara lain posisi terbaik yang pernah dikunjungi suatu partikel, posisi terbaik seluruh partikel (diasumsikan setiap

partikel mengetahui posisi terbaik setiap partikel lainnya).

Terdapat beberapa ketentuan dalam PSO, yang didasari dari sifat-sifat unggas :

1. Kohesi - terbang bersamaan.
2. Separasi - jangan terlalu dekat.
3. Penyesuaian (*alignment*) – mengikuti arah.

Model ini akan disimulasikan dalam ruang dengan dimensi tertentu dengan sejumlah iterasi sehingga di setiap iterasi, posisi partikel akan semakin mengarah ke target yang dituju (minimasi atau maksimasi fungsi). Ini dilakukan hingga maksimum iterasi dicapai atau bisa juga digunakan kriteria penghentian yang lain.

Posisi terbaik yang didapat atau ditempati setiap partikel, disebut sebagai *personal best position*. Dan Setiap partikel juga dapat menyimpan posisi terbaik dari populasi yang disebut *global best position*. Seluruh partikel menyesuaikan kecepatan yang ada dan terus bergerak mendekati *global best position* serta meningkatkan nilai *fitness* dengan cara meningkatkan *personal best position*.

Persamaan PSO untuk memperbarui kecepatan dan posisi semula adalah sebagai berikut:

$$v_i(t+1) = v_i(t) + w * (v_i(t) - p_{best}(t)) + c_1 * r_1 * (p_{best}(t) - p_i(t)) + c_2 * r_2 * (g_{best}(t) - p_i(t)) \quad (3.6)$$

$$p_i(t+1) = p_i(t) + v_i(t+1) \quad (3.7)$$

dimana

$v_i(t)$  : kecepatan partikel ke- $i$  pada waktu ke- $t$   
 $p_i(t)$  : posisi partikel ke- $i$  pada waktu ke- $t$

$w$  : konstanta positif dengan rentang nilai (0,4]

$r_1, r_2$  : bilangan ril dengan rentang nilai (0-1] dari distribusi *uniform*

$p_{best}(t)$  : posisi terbaik dari suatu partikel

$g_{best}(t)$  : posisi terbaik dari semua partikel dalam suatu *swarm*

*Inertia weight* ( $W$ ), berfungsi mengontrol kecepatan dari waktu ke waktu sehingga kecepatan mengalami penurunan secara linier yang membuat PSO mencari ruang yang lebih besar di awal untuk mendapatkan posisi dengan cepat. *Inertia weight* digunakan untuk menyeimbangkan kemampuan penelusuran *personal best* dan *global best*, yang

Parameter *inertia weight* diperoleh dari persamaan berikut :

$$W = W_{max} - \frac{(W_{max} - W_{min}) * t}{T_{max}} \quad (3.8)$$

Dimana:

- $W_{max}$  : *weight* awal
- $W_{min}$  : *weight* akhir
- $T_{max}$  : jumlah iterasi maksimal
- $t$  : iterasi saat ini

Proses dalam penggunaan algoritma *Particle Swarms Optimization*, diawali dengan inisialisasi partikel yang dibangkitkan secara acak dalam suatu ruang dimensi penelusuran. Selanjutnya algoritma PSO mengevaluasi nilai *fitness* untuk setiap partikel. Apabila nilai *fitness* didapat lebih baik dari sebelumnya, maka partikel tersebut akan memperbaharui posisi terbaiknya. Hal ini terus berulang hingga mendapatkan nilai dengan *fitness* terbaik yang sesuai dengan ketentuan (12).

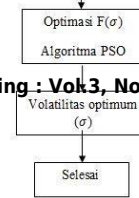
### 3 Perancangan Sistem

#### 3.1 Deskripsi sistem

Pada tugas akhir ini akan dirancang sebuah sistem untuk menyelesaikan masalah optimasi *Implied Volatility* dengan model *Black-Scholes* untuk tipe eropa dan algoritma *Particle Swarms Optimization* dalam menemukan nilai volatilitas optimum.

#### 3.2 Rancangan Sistem

membatasi pergerakan partikel sehingga perpindahan partikel tidak melesat terlalu jauh (10).



### 3.1 Diagram sistem perancangan *Implied Volatility* dengan PSO

Penjelasan tahapan perancangan sistem:

Pada proses pertama didapat data harga opsi saham yang terdaftar pada BEI. Kemudian dilakukan inisialisasi awal dengan menentukan nilai opsi pasar (opsi *call* dan opsi *put*).



Fungsi implisit pada model *Black-Scholes* dengan parameter yang sudah tersedia pada data ke dalam  $F(\sigma)$ , seperti pada rumus (3.4) dan (3.5). Proses optimasi dilakukan pada algoritma PSO untuk mencari nilai optimum dari volatilitas yang dibangkitkan secara acak.

**3.2.1 Data**

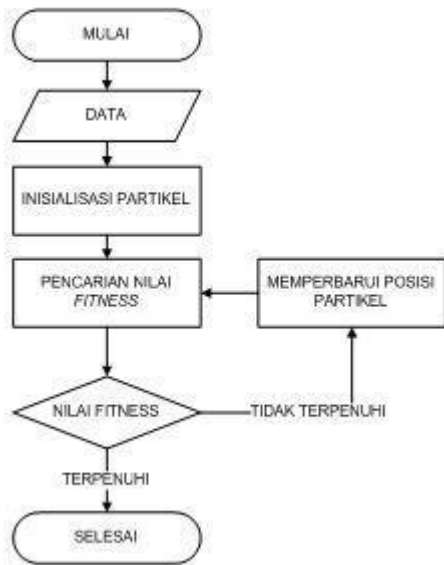
Data yang digunakan adalah data yang ada di *yahoo finance*. Data tersebut merupakan data salah satu perusahaan yang menerbitkan opsi saham.

**3.2.2 Opsi Model Black-Scholes**

Pada tahap ini, ditentukan harga opsi pasar untuk *call* dan *put* sesuai dengan rumus (2.1) dan (2.2). Setelah menentukan harga opsi pasar tersebut, fungsi tujuan yang sudah diterangkan pada (3.4) dan (3.5) merupakan fungsi tujuan untuk menentukan nilai volatilitas dan akan dioptimalkan pencarian nilainya dengan algoritma PSO.

**3.2.3 Pembentukan Algoritma Particle Swarms Optimization**

Pada tahap ini akan dilakukan proses pembentukan model optimasi volatilitas pada permasalahan *Particle Swarms Optimization*.



Gambar 3.1 Perancangan sistem algoritma *Particle Swarms Optimization*

Pada (3), Proses algoritma PSO yaitu sebagai berikut :  
Misalkan

$$\min f(\sigma) \tag{3.9}$$

dimana  $\sigma$  adalah nilai  $\sigma$  yang dibangkitkan secara acak dan  $f(\sigma)$  adalah nilai tebakan awal untuk volatilitas

yang dibangkitkan secara acak. Prosedur PSO dapat dijabarkan dengan langkah-langkah sebagai berikut:  
Asumsikan bahwa ukuran kelompok atau kawanan (jumlah partikel) adalah

1. Asumsikan bahwa jumlah dari partikel adalah  $N$ . Untuk mengurangi jumlah evaluasi fungsi yang diperlukan. Untuk menemukan solusi, sebaiknya ukuran  $N$  tidak terlalu besar, tetapi juga tidak terlalu kecil, agar ada banyak kemungkinan posisi menuju solusi terbaik atau optimal. Jika terlalu kecil, sedikit kemungkinan menemukan posisi partikel yang baik. Terlalu besar juga akan membuat perhitungan jadi panjang. Biasanya digunakan ukuran kawanan adalah 20 sampai 30 partikel.
2. Bangkitkan populasi awal  $p_i(0)$  dan  $v_i(0)$  secara random, sehingga didapat  $p_1(0), p_2(0), \dots, p_N(0)$ . Setelah itu, untuk mudahnya, partikel  $i$  dan kecepatannya pada iterasi  $t$  dinotasikan sebagai  $p_i(t)$  dan  $v_i(t)$

Sehingga partikel-partikel awal ini akan menjadi  $p_1(0), p_2(0), \dots, p_N(0)$ . Vektor  $p_i(0), (i=1, 2, \dots, N)$  disebut partikel atau vektor koordinat dari partikel. (seperti kromosom dalam algoritma genetika). Evaluasi nilai fungsi tujuan untuk setiap partikel dan nyatakan dengan

$$f(p_1(0)), f(p_2(0)), \dots, f(p_N(0)) \tag{4.2}$$

3. Hitung kecepatan semua partikel. Semua partikel bergerak menuju titik optimal dengan sesuatu kecepatan. Awalnya semua kecepatan diasumsikan dengan nilai nol. Set iterasi  $t=1$
4. Pada iterasi ke- $t$ , temukan 2 parameter penting untuk setiap  $i$  yaitu :
  - a. Nilai terbaik sejauh ini dari  $p_i(t)$  (koordinat partikel  $i$  pada iterasi  $t$ ) dan nyatakan sebagai  $p_{best,i}$  dengan nilai fungsi objektif paling rendah.  $f(p_{best,i})$ , yang ditemui sebuah partikel  $j$  pada semua iterasi sebelumnya. Nilai terbaik untuk semua partikel  $i$  yang sampai ditemukan sampai iterasi ke- $t$ ,  $p_{best,i}$  dengan nilai fungsi tujuan paling minimum diantara semua partikel untuk semua iterasi sebelumnya.
  - b. Hitung kecepatan partikel  $j$  pada iterasi ke  $t$  menggunakan persamaan (3.7)
  - c. Hitung posisi koordinat partikel  $j$  pada iterasi ke- $t$  menggunakan persamaan (3.8)
5. Jika semua posisi sudah partikel sudah menuju ke satu nilai yang sama, maka solusi sudah konvergen. Jika belum konvergen maka langkah 4 diulang dengan memperbaharui iterasi  $t = t + 1$  dengan cara menghitung nilai baru dari  $p_i(t)$  dan  $v_i(t)$ . Biasanya iterasi

akan berhenti jika hasil fungsi tujuan sudah bernilai sama.

Parameter yang harus diperhatikan dalam algoritma PSO:

1. Rentang jumlah partikel 20 - 40. Sebenarnya dalam sebagian besar masalah 10 *particle* cukup besar untuk mendapatkan hasil yang bagus. Untuk masalah yang sangat sulit atau khusus, bagus untuk mencoba 100 atau 200 *particle* (12).
2. Range dari partikel. Ditentukan dari masalah yang akan dioptimasi. Dapat menspesifikasikan range yang berbeda untuk dimensi yang berbeda dari partikel.
3.  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$  merupakan faktor *learning* dengan rentang nilai biasanya [0,4]
4.  $\phi_1, \phi_2, \phi_3$  (*rand*) merupakan distribusi normal dengan rentang (0,1)
5. Kondisi berhenti mencapai nilai iterasi

maksimum, perulangan telah mencapai nilai optimum atau minimum error yang diinginkan.

6. *Inertia weight* (*w*) pada algoritma *Particle Swarms Optimization* merupakan keseimbangan antara kemampuan eksplorasi global dan local secara utama

dikontrol oleh *inertia weight* (10) dan merupakan parameter penurunan kecepatan untuk menghindari stagnasi *particle* di lokal optimum. Untuk mencari nilai (*W*) sendiri, didapat pada persamaan (3.3)

**4. Analisis Hasil Pengujian**

**4.1 Implementasi**

Dalam implemetasi untuk menentukan volatilitas dengan menyamakan model *Black-Scholes* sebagai model harga opsi teoritis dan harga opsi pasar. Sehingga menjadi fungsi tujuan (objektif), dan diptimalkan oleh algoritma *Particle Swarms Optimization* untuk pencarian nilai volatilitas paling optimal

**4.3. Hasil dan Analisis**

Data yang digunakan adalah data PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk (TLK) yang terdaftar di BEI dan merupakan salah satu perusahaan yang menerbitkan opsi saham. Pengujian opsi saham dieksekusi pada tanggal 19 Januari 2016 dan akan jatuh tempo pada tanggal 15 April 2016.

**1.Opsi Call**

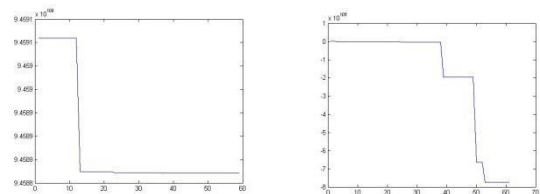
Berikut perhitungan untuk menebak nilai *Implied Volatility* pada opsi *call*:

- PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk (TLK)
- $\sigma = 53.59$
  - $\sigma = 50$

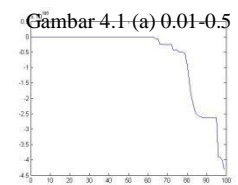
- $\sigma = 15$  Juli 2016
- $\sigma = 18$  MAret 2016
- $c^* = 0.70$

Sesuai dengan rumus (3.4), yang merupakan fungsi tujuan dan algoritma *Particle Swarms Optimization* untuk opsi *call*. Dalam percobaan ini dilakukan 2 pengamatan :

- a. Batas (*lowerbound*) konstan dengan 0.01 sedangkan batas atas (*upperbound*) dilakukan pergantian sebanyak 4 kali dengan nilai 0.25,0.5,0.75 dan 0.9. maka diperoleh hasil sebagaimana pada gambar 4.1:

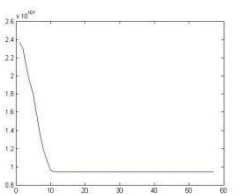
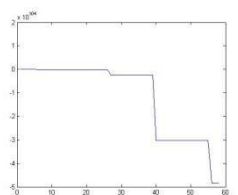


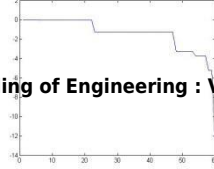
Gambar 4.1 (a) 0.01-0.25



Gambar 4.1 (a) 0.01-0.5

$\sigma = 6.75\%$

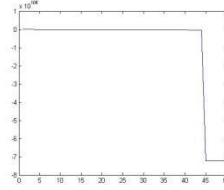




Gambar 4.1 (c) 0.01-075

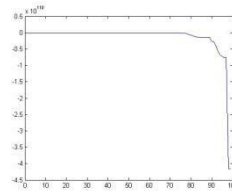
Gambar 4.1 (d) 0.01-09

b. Batas atas (*upperbound*) konstan dengan 0.9 sedangkan batas bawah (*lowerbound*) dilakukan pergantian sebanyak 4 kali dengan nilai 0.1,0.25,0.5 dan 0.75. maka diperoleh hasil sebagaimana pada gambar 4.2:



Gambar 4.4 (a) 0.1-0.9

Gambar 4.4 (b) 0.25-0.9



Gambar 4.4 (c) 0.5-0.9

Gambar 4.4 (d) 0.75-0.9

Gambar grafik (4.1) dan (4.2) menunjukkan bahwa nilai volatilitas adalah konvergen dengan rentang *lowerbound* dan *upperbound* sebagai nilai *random* pada *particle* untuk nilai awal volatilitas. Semakin dekat jarak antara *lowerbound* Gambar 4.2 (d) 0.75-0.9 maka semakin cepat nilai volatilitas menuju konvergen. Nilai volatilitas optimal yang dihasilkan algoritma PSO adalah 0.1581 atau 15.81%.

Harga opsi *call* untuk opsi saham PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk dengan model *Black-Scholes* untuk nilai volatilitas sebesar 15.81% sebagai berikut :

$$C_1 = \frac{S_1 \left( \frac{1}{\sigma} \left( \frac{r}{\sigma} + \left( \frac{r}{\sigma} + \frac{\sigma^2}{2} \right) \right) \right)}{\sigma \sqrt{t}} = 1.0465$$

$$C_2 = C_1 - \frac{K}{S_1} = 0.9542$$

Sehingga

$$C_1(1.0465) = 0.8643$$

$$C_2(0.9542) = 0.8159$$

Maka harga opsi *call* bertipe Eropa dihitung dengan persamaan (2.4) menjadi :

$$C = C_1 - \frac{K}{S_1} e^{-rt} = 53.59(1.0465) - 50 e^{-0.0675(0.341)}(0.9542) = 6.47901069$$

**2. Opsi Put**

Berikut ini perhitungan untuk menebak nilai *Implied Volatility* opsi *put*:

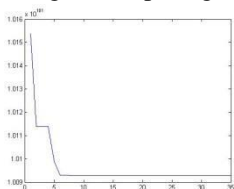
PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk (TLK)

- $S_1 = 44.62$
- $K = 50$
- $r = 7.5\%$
- $t = 15$  april 2016
- $t = 19$  januari 2016
- $q = 9.90$

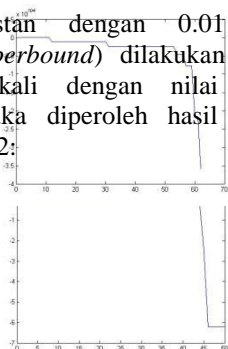
Sesuai dengan rumus (3.5), yang merupakan fungsi tujuan dan algoritma *Particle Swarms Optimization*.

Dalam percobaan ini dilakukan 2 pengamatan:

a. Batas (*lowerbound*) konstan dengan 0.01 sedangkan batas atas (*upperbound*) dilakukan pergantian sebanyak 4 kali dengan nilai 0.25,0.5,0.75 dan 0.9. maka diperoleh hasil sebagaimana pada gambar 4.2:

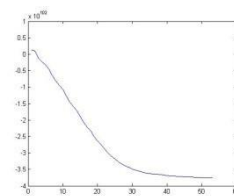


Gambar 4.3 (a) 0.01-0.25

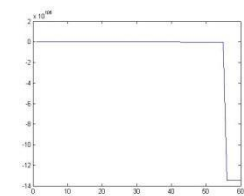


Gambar 4.3 (b) 0.01-0.5

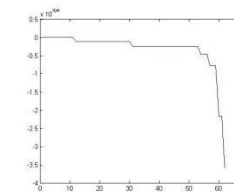
b. Batas atas (*upperbound*) konstan dengan 0.9 sedangkan batas bawah (*lowerbound*) dilakukan pergantian sebanyak 4 kali dengan nilai 0.1,0.25,0.75 dan 0.9. maka diperoleh hasil sebagaimana pada gambar 4.4:



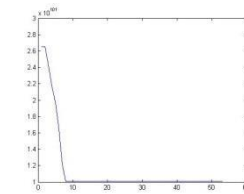
Gambar 4.4 (a) 0.1-0.9



Gambar 4.4 (b) 0.25-0.9



Gambar 4.4 (c) 0.5-0.9



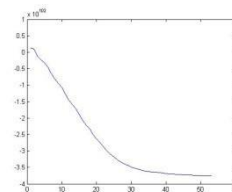
Gambar 4.4 (d) 0.75-0.9

Gambar grafik (4.3) dan (4.4) menunjukkan bahwa nilai volatilitas adalah konvergen dengan rentang *lowerbound* dan *upperbound* sebagai nilai *random* pada *particle* untuk nilai awal volatilitas. Semakin dekat jarak antara *lowerbound* dan *upperbound*, maka semakin cepat nilai volatilitas menuju konvergen. Nilai volatilitas optimal yang dihasilkan algoritma PSO adalah 0.1537 atau 15.37%.

Harga opsi *put* untuk opsi saham PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk dengan model *Black-Scholes* untuk nilai volatilitas sebesar 15.37% sebagai berikut :

$$P_1 = \frac{K \left( \frac{1}{\sigma} \left( \frac{r}{\sigma} + \left( \frac{r}{\sigma} + \frac{\sigma^2}{2} \right) \right) \right)}{\sigma \sqrt{t}} = -0.9575$$

$$P_2 = P_1 - \frac{K}{S_1} = -1.0472$$



Gambar 4.3 (c) 0.01-0.75

Gambar 4.3 (c) 0.01-0.9

Sehingga

$$N(-0.9575) = 0.1841$$

$$N(-1.0472) = 0.1587$$

Maka harga opsi *put* bertipe Eropa dihitung dengan persamaan (2.5) menjadi :

$$\begin{aligned} p &= 60 - 53.59 e^{-0.0675(0.341)} N(-1.0472) - 53.59 e^{-0.0675(0.341)} N(-0.9575) \\ &= 60 - 53.59 e^{-0.0675(0.341)} N(-1.0472) - 53.59 e^{-0.0675(0.341)} N(-0.9575) \\ &= -0.5606 \end{aligned}$$

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Melihat hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. *Implied volatility* dengan menyamakan harga teoritis (model *Black-Scholes*)

dengan harga opsi pasar dapat menyelesaikan pencarian nilai volatilitas opsi saham. kemudian dioptimalkan pencarian nilai volatilitas dengan algoritma *Particle Swarms Optimization*.

2. Nilai volatilitas yang dihasilkan oleh Algoritma PSO adalah nilai yang optimal dan konvergen. Dimana semakin dekat jarak antara *lowerbound* dan *upperbound*

maka semakin cepat nilai menuju konvergen.

## 5.2 Saran

Saran untuk tugas akhir ini :

- a. Menentukan nilai *lowerbound* dan *upperbound* secara tepat diperlukan, karena nilai tersebut mempengaruhi kekonvergenan nilai volatilitas yang akan ditemukan dalam algoritma *Particle Swarms Optimization*.
- b. Dibutuhkan algoritma optimasi lainnya agar dapat membandingkan hasil nilai volatilitas yang dihasilkan oleh algoritma *Particle Swarms Optimization*.

## Daftar Pustaka

- (1) Hugida, Lydianita. 2011. "Analisis Faktor yang mempengaruhi Volatilitas saham". Skripsi. Semarang: Fakultas Ekonomi, Universitas Diponegoro.
- (2) Dewi, Kania Evita. 2012. Perbandingan metode Newtho-Raphson dan algoritma genetika dalam penentuan *implied volatility*. Universitas Komputer Indonesia. Bandung.
- (3) Santosa, Budi. *Tutorial Particle Swarm Optimization*. ITS:Surabaya.
- (4) Jenis-jenis investasi (online) : <http://investasisantai.weebly.com/> [Akses 19 03 2015]
- (5) Hariyani, Iswi. Ir. R. Serfianto D. P. 2010. Buku pintar hukum bisnis pasar modal.. Visimedia
- (6) Basyaib, Fachmi. 2007. Manajemen Risiko. Jakarta .Grasindo
- (7) Andiani, Gita 2009. "Penentuan *Hedge Ratio* Untuk Opsi *Call* dan Opsi *Put* Tipe Eropa Dengan Menggunakan Model *Black-Scholes*". Skripsi. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- (8) Black F, Scholes M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *The Journal of Political Economy*. 1973 May – June; 81(3):637-654.
- (9) Moore L, Juh S. Derivative Pricing 60 Years before Black-Scholes: Evidence from the Johannesburg Stock Exchange. *The Journal of Finance*. 2006; 61(6):3069-3098
- (10) Shi, Y. H., Eberhart, R. C. A Modified Particle Swarm Optimizer, IEEE International Conference on Evolutionary Computation, Anchorage, Alaska, May 4-9, 1998.
- (11) Suyanto. 2010. Algoritma Optimasi Deterministik atau Probabilistik. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- (12) (Online) <http://www.swarmintelligence.org/tutorials.php>. [Akses 20 maret 2015]
- (13) Nugroho, Didit Yudhi. Metode Newton Raphson dan Metode Bagi Dua untuk menghitung Implied Volatility dari suatu asset. *Jurnal Teknologi Informasi-Aiti*, Vol 4. No 1. Februari 2007.
- (14) Rahman, Anita. 2010. "Model *Black-Scholes Put-Call Parity* Harga Saham Tipe Eropa Dengan Pembagian Dividen". Skripsi. Surakarta: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Univeversitas Sebelas Maret