PENENTUAN PORTOFOLIO SAHAM OPTIMAL MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Eka Lestari, Evy Sulistianingsih, Nurfitri Imro'ah

INTISARI

Investor akan dihadapkan oleh keuntungan dan risiko dalam melakukan investasi. Untuk mengurangi risiko tersebut, investor dapat melakukan diversifikasi yaitu mengalokasikan dana ke beberapa saham sehingga terbentuk portofolio saham. Algoritma Genetika merupakan teknik yang diadopsi dari proses evolusi alam yang digunakan untuk melakukan pencarian penyelesaian optimal atas sejumlah penyelesaian masalah yang mungkin. Penelitian ini, mengimplementasikan Algoritma Genetika untuk memperoleh portofolio saham yang dapat memberikan keuntungan yang maksimal dan risiko tertentu. Parameter yang digunakan dalam Algoritma Genetika yaitu ukuran populasi (pop size) sebanyak 50 kromosom, probabilitas crossover 60% dan probabilitas mutasi sebesar 10%. Data yang digunakan adalah data penutupan harga saham bulanan indeks LQ 45 periode Januari 2010 sampai Juni 2018. Berdasarkan hasil analisis, Algoritma Genetika lebih optimal dibandingkan dengan perhitungan manual menggunakan Single Index Model dalam menentukan portofolio saham karena keuntungan yang diperoleh lebih besar dan risiko lebih kecil. Fitness terbesar dari tiga generasi diperoleh sebesar 0,1122 dengan keuntungan 0,0081 dan risiko 0,0719. Sedangkan keuntungan dan risiko berdasarkan perhitungan manual menggunakan Single Index Model diperoleh yaitu 0,0075 dan 0,0746.

Kata Kunci: Algoritma Genetika, Offspring, Crossover, Mutasi, Single Index Model

PENDAHULUAN

Investasi merupakan komitmen untuk melakukan penempatan sejumlah dana pada saat ini dengan harapan memperoleh keuntungan di masa mendatang [1]. Investasi juga diartikan sebagai hasil penundaan konsumsi sekarang untuk konsumsi di masa mendatang. Dalam melakukan investasi, investor dihadapkan oleh keuntungan dan risiko. Tujuan dari investasi adalah memperoleh *return* yang maksimum dan risiko yang minimum. Untuk meminimumkan risiko tersebut, investor dapat melakukan diversifikasi. Diversifikasi merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengalokasikan dana investasi ke berbagai sekuritas atau dikenal dengan portofolio. Portofolio merupakan kombinasi atau gabungan sekumpulan aset, baik berupa aset riil maupun aset finansial yang dimiliki investor. Pembentukan portofolio saham menyebabkan sulitnya investor dalam memilih sekuritas dan proporsi dana yang akan dialokasikan untuk memperoleh portofolio saham optimal [2].

Algoritma Genetika merupakan teknik yang diadopsi dari proses evolusi alam yang dirancang untuk melakukan simulasi proses-proses dalam sistem alam yang dicetuskan oleh Charles Darwin yaitu prinsip genetika dan seleksi alam. Algoritma Genetika ditemukan melalui sebuah penelitian oleh John Holland tahun 1975 di Universitas Michigan, Amerika Serikat dan dipopulerkan oleh muridnya yaitu Goldberg [3]. Algoritma Genetika digunakan untuk melakukan pencarian atas sejumlah penyelesaian yang mungkin menjadi solusi optimal dari suatu permasalahan. Populasi awal dalam Algoritma Genetika dibangkitkan secara acak, kemudian kromosom-kromosom dalam populasi tersebut dievaluasi dengan menggunakan fungsi *fitness*. Bentuk fungsi *fitness* yang dibentuk sesuai dengan masalah yang akan dioptimasi. Nilai *fitness* menyatakan tingkat kebugaran atau kualitas kromosom dalam populasi. Semakin tinggi nilai *fitness* sebuah kromosom maka semakin tinggi pula peluang kromosom tersebut dilanjutkan dalam generasi selanjutnya. Selanjutnya proses pembentukan *offspring* melalui dua operator Algoritma Genetika yaitu *crossover* (penyilangan) dan mutasi. Banyaknya kromosom yang akan mengalami proses *crossover* dan mutasi ditentukan oleh probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi. Operator *crossover* digunakan untuk menghasilkan *offspring* yang mewarisi sifat-sifat induknya sedangkan operator mutasi digunakan untuk menghasilkan *offspring* yang mengubah sifat-sifat dari induknya. Kromosom-kromosom pada populasi awal dan hasil dari

operator Algoritma Genetika selanjutnya diseleksi sehingga jumlah populasi awal dan populasi setiap generasi bernilai konstan. Proses-proses tersebut dilakukan secara terus-menerus sampai kriteria berhenti yang digunakan [4].

Analisis data dilakukan dengan menghitung *return* dan *expected return* masing-masing saham serta melakukan uji normalitas *return* saham-saham tersebut. Selanjutnya, perhitungan manual menggunakan *Single Index Model* dengan membandingkan nilai *ERB* masing-masing saham dengan nilai *Cut off Point* (C^*). Jika nilai $ERB \geq C^*$ maka saham tersebut terpilih sebagai kandidat pembentuk portofolio saham optimal [5]. Saham-saham yang terpilih selanjutnya dilanjutkan dalam proses Algoritma Genetika. Kemudian menghitung bobot portofolio, *return* portofolio dan risiko portofolio saham berdasarkan *Single Index Model*. Siklus-siklus dalam Algoritma Genetika dimulai dengan membangkitkan populasi awal secara acak sesuai dengan parameter kontrol *pop size* yang digunakan yaitu sebanyak 50 kromosom. Selanjutnya mengevaluasi kromosom-kromosom tersebut dengan menghitung nilai *fitness*. Nilai *fitness* diperoleh dari rasio antara *expected return* portofolio dengan risiko portofolio berdasarkan *Single Index Model*. Setelah tahap evaluasi, selanjutnya dilakukan tahap *crossover* dan tahap mutasi. Parameter kontrol yang digunakan pada tahap *crossover* adalah 60% artinya terdapat 60% kromosom dalam populasi akan mengalami proses *crossover*. Tahap *crossover* dilakukan dengan menggunakan metode *extended intermediate crossover*. Setelah tahap *crossover*, selanjutnya dilakukan tahap mutasi. Parameter kontrol yang digunakan pada tahap mutasi adalah 10% artinya terdapat 10% kromosom dalam populasi akan mengalami proses mutasi. Tahap mutasi dilakukan dengan mengubah satu isi gen dari sebuah kromosom. Tahap-tahap dalam Algoritma Genetika dilakukan secara berulang-ulang sampai dengan kriteria berhenti yang digunakan yaitu *generations* atau berhenti pada generasi yang telah ditentukan. Pada penelitian ini, sampai generasi ketiga. Setelah itu, membandingkan hasil *return* portofolio dan risiko portofolio yang diperoleh berdasarkan Algoritma Genetika berdasarkan nilai *fitness* tertinggi dengan *Single Index Model*. Jika *return* portofolio yang diperoleh lebih besar dan risiko portofolio yang diperoleh Algoritma Genetika lebih kecil dari perhitungan manual menggunakan *Single Index Model*, maka diperoleh portofolio saham optimal berdasarkan Algoritma Genetika.

RETURN SAHAM

Return merupakan imbalan atas keberanian investor dalam menanggung risiko atas investasi yang dilakukan sehingga *return* menjadi faktor yang memotivasi investor untuk berinvestasi [6]. Dalam penelitian ini, perhitungan *return* menggunakan *continuously compounding return (log return)* yaitu [2]:

$$R_{it} = \ln \left(\frac{S_{i(t+1)}}{S_{it}} \right) \quad (1)$$

dengan R_{it} adalah *realized return* saham i pada periode t , $S_{i(t+1)}$ harga saham i pada periode $t + 1$, dan S_{it} adalah harga saham i pada periode t .

UJI NORMALITAS KOLMOGOROV-SMIRNOV

Misalkan $x_1, x_2, \dots, x_n$ adalah sampel *random* berukuran n dari suatu populasi dengan fungsi distribusi $F(x)$. Andaikan $F_0(x)$ adalah fungsi teoritik atau suatu fungsi distribusi tertentu dan akan diuji [7]:

$$\begin{aligned} H_0 : F(x) &= F_0(x) \text{ untuk semua } x && (\text{data berdistribusi tertentu}) \\ H_1 : F(x) &\neq F_0(x) \text{ untuk suatu } x && (\text{data tidak berdistribusi tertentu}) \end{aligned}$$

Uji *Kolmogorov-Smirnov* dilakukan dengan menggunakan statistik uji:

$$D = \sup_{-\infty < x < \infty} |F_n(x) - F_0(x)| \quad (2)$$

dengan $F_n(x)$ adalah fungsi distribusi empirik berdasarkan sampel random $x_1, x_2, \dots, x_n$. H_0 ditolak jika nilai $D > D_{n,\alpha}$, dengan $D_{n,\alpha}$ merupakan nilai kritik uji Kolmogorov-Smirnov.

SINGLE INDEX MODEL

Teori *Single Index Model* digunakan untuk menyederhanakan perhitungan pada model Markowitz [8]. *Return* saham dari *Single Index Model* yaitu sebagai berikut [9]:

$$R_i = \alpha_i + \beta_i R_m + e_i \quad (3)$$

dengan R_i merupakan *return* saham ke- i , α_i merupakan komponen *return* saham yang tidak dipengaruhi oleh perubahan pasar, β_i ukuran sensitivitas *return* saham akibat perubahan *return* indeks pasar dan R_m merupakan *return* indeks pasar.

Asumsi-asumsi dalam *Single Index Model* yaitu [9]:

- Rata-rata e_i adalah nol atau $E[e_i] = 0$
- Kesalahan residu (e_i) tidak berkorelasi dengan *return* indeks pasar (R_m) atau $E[e_i(R_m - \bar{R}_m)] = 0$
- Residual saham ke- i dan kesalahan residu saham ke- j tidak berkorelasi atau $E[e_i e_j] = 0$, untuk $i \neq j$
- Varians e_i adalah $E[e_i^2] = \sigma_{e_i}^2$
- Varians R_m adalah $E[(R_m - \bar{R}_m)^2] = \sigma_m^2$

Persamaan α_i dan β_i diperoleh dengan menggunakan metode *ordinary least square*, yaitu:

$$\alpha_i = \bar{R}_i - \beta_i \bar{R}_m$$

$$\beta_i = \frac{n \sum_{t=1}^n R_{it} R_{mt} - \sum_{t=1}^n R_{it} \sum_{t=1}^n R_{mt}}{n \sum_{t=1}^n R_{mt}^2 - \left(\sum_{t=1}^n R_{mt} \right)^2}$$

EXPECTED RETURN SAHAM, VARIANS RETURN SAHAM DAN KOVARIANS ANTAR SAHAM SINGLE INDEX MODEL

Berdasarkan asumsi-asumsi pada *Single Index Model*, diperoleh persamaan *expected return* saham, varians *return* saham dan kovarians antar *return* saham berdasarkan *Single Index Model*, yaitu [9]:

$$\bar{R}_i = \alpha_i + \beta_i \bar{R}_m \quad (4)$$

dengan $\bar{R}_i$ merupakan *expected return* saham ke- i dan $\bar{R}_m$ merupakan *expected return* indeks pasar.

$$\sigma_i^2 = \beta_i^2 \sigma_m^2 + \sigma_{e_i}^2 \quad (5)$$

dengan σ_i^2 merupakan varians saham ke- i , σ_m^2 merupakan varians indeks pasar dan $\sigma_{e_i}^2$ merupakan varians residual saham ke- i .

$$\sigma_{ij} = \beta_i \beta_j \sigma_m^2 \quad (6)$$

dengan σ_{ij} merupakan kovarians *return* saham ke- i dan *return* saham ke- j .

PENENTUAN PORTOFOLIO SAHAM OPTIMAL BERDASARKAN SINGLE INDEX MODEL

Kesulitan yang dihadapi investor dalam membentuk portofolio saham adalah memilih saham yang akan dijadikan sebagai alternatif untuk berinvestasi dan proporsi dana yang akan dialokasikan pada saham tersebut. Dengan menggunakan *Single Index Model*, investor dapat memperoleh saham-saham sebagai penyusun portofolio dari sekian banyak saham yang ada untuk memperoleh *return* yang optimal dengan memilih nilai *excess return to beta (ERB)* setiap saham yang tinggi. Untuk menentukan nilai *ERB* yang dikategorikan tinggi, maka diperlukan sebuah titik pembatas yaitu *Cut off Point (C*)*. Nilai *ERB* diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [9]:

$$ERB_i = \frac{(\bar{R}_i - R_F)}{\beta_i} \quad (7)$$

dengan R_F merupakan *return* bebas risiko. Nilai C^* merupakan nilai *Cut off Rate (C_i)* tertinggi dari setiap saham. Nilai C_i diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [5]:

$$C_i = \sigma_m^2 \sum_{j=1}^k Z_j \beta_j = \frac{\sigma_m^2 \sum_{j=1}^k (\bar{R}_j - R_F) \beta_j}{1 + \sigma_m^2 \sum_{j=1}^k \frac{\beta_j^2}{\sigma_{e_j}^2}} \quad (8)$$

Bobot portofolio berdasarkan *Single Index Model*, dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [5]:

$$w_i = \frac{Z_i}{\sum_{i=1}^n Z_i} \quad (9)$$

dengan

$$Z_i = \frac{\beta_i}{\sigma_{e_i}^2} \left(\frac{\bar{R}_i - R_F}{\beta_i} - C_i \right)$$

Expected return portofolio dan risiko portofolio berdasarkan *Single Index Model* diperoleh menggunakan persamaan sebagai berikut [5]:

$$\bar{R}_p = \sum_{i=1}^n w_i \alpha_i + \left(\sum_{i=1}^n w_i \beta_i \right) \bar{R}_m = \alpha_p + \beta_p \bar{R}_m \quad (10)$$

$$\sigma_p^2 = \left(\sum_{i=1}^n w_i \beta_i \right)^2 \sigma_m^2 + \left(\sum_{i=1}^n w_i \sigma_{e_i} \right)^2 = \beta_p^2 \sigma_m^2 + \left(\sum_{i=1}^n w_i \sigma_{e_i} \right)^2 \quad (11)$$

SIKLUS ALGORITMA GENETIKA

Algoritma genetika merupakan cabang dari metode heuristik untuk menentukan solusi optimal dari sekumpulan solusi permasalahan yang diselesaikan. Algoritma Genetika diterapkan dalam beberapa persoalan antara lain *Travelling Salesman Problem (TSP)*, *Scheduling*, *Vehicle Routing*, *Group Technology*, *Facility Layout*, dan *Location Allocation* karena telah diuji mampu memberikan solusi optimal dalam kasus optimasi [10]. Siklus-siklus dalam Algoritma Genetika yaitu sebagai berikut:

1. Pembentukan Kromosom

Kromosom menyatakan suatu solusi atas permasalahan yang diselesaikan. Pembentukan kromosom dalam penelitian ini menggunakan metode *real coded* [11]. Kromosom tersusun atas gen-gen sebanyak tiga gen. Gen-gen merupakan saham-saham yang terpilih menjadi kandidat portofolio saham optimal berdasarkan *Single Index Model*. Kromosom sama dengan portofolio.

2. Pembentukan Populasi Awal

Pembentukan populasi awal dilakukan dengan membangkitkan sejumlah kromosom secara acak sesuai dengan parameter kontrol yang digunakan [4].

3. Evaluasi *Fitness*

Fitness merupakan nilai yang menyatakan tingkat kebugaran atau kualitas dari sebuah kromosom. Semakin tinggi nilai *fitness* suatu kromosom maka semakin tinggi pula kromosom dapat bertahan hidup [4]. Evaluasi *fitness* merupakan tahap untuk menghitung nilai *fitness* masing-masing kromosom. Nilai *fitness* diperoleh menggunakan persamaan sebagai berikut [11]:

$$fitness = \frac{\bar{R}_p}{\sigma_p} = \frac{\alpha_p + \beta_p \bar{R}_m}{\sqrt{\beta_p^2 \sigma_m^2 + \left(\sum_{i=1}^n w_i \sigma_{e_i} \right)^2}} \quad (12)$$

dengan $\bar{R}_p$ merupakan *expected return portofolio* dan σ_p merupakan risiko portofolio.

4. Seleksi Kromosom

Kromosom-kromosom dalam populasi selanjutnya diseleksi agar *pop size* setiap generasi berjumlah konstan. Seleksi dilakukan dengan menggunakan metode *elitism* yaitu kromosom-kromosom diurutkan berdasarkan nilai *fitness* nya, kemudian kromosom-kromosom yang masuk dalam

peringkat sesuai dengan parameter kontrol *pop size* digunakan sebagai populasi pada generasi berikutnya [11].

5. *Crossover*

Crossover merupakan tahap untuk menghasilkan *offspring* dari dua induk yang mewarisi sifat-sifat induknya [4]. Metode *crossover* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *extended intermediate crossover*. Jumlah kromosom yang akan mengalami proses *crossover* ditentukan oleh parameter kontrol yang digunakan. *Offspring* yang dihasilkan dapat menggunakan persamaan berikut ini [11]:

$$C_1 = P_1 + \alpha(P_2 - P_1) \quad (13)$$

$$C_2 = P_2 + \alpha(P_1 - P_2) \quad (14)$$

dengan C_1 dan C_2 merupakan *offspring* yang dihasilkan dari proses *crossover*, P_1 dan P_2 merupakan induk yang terpilih berdasarkan bilangan acak yang dibangkitkan dan nilai α merupakan nilai yang dibangkitkan pada interval yang telah ditentukan.

6. Mutasi

Mutasi merupakan tahap untuk menghasilkan *offspring* yang mengubah sifat-sifat atau nilai dari satu atau beberapa gen dalam sebuah kromosom [12]. Pada penelitian ini, mutasi dilakukan dengan mengubah satu nilai gen dari sebuah kromosom. Jumlah kromosom yang akan mengalami proses mutasi ditentukan oleh parameter kontrol yang digunakan.

Pada proses pembentukan populasi awal, proses *crossover* dan proses mutasi, kromosom bisa saja tidak sesuai dengan *constraint* yang telah ditetapkan maka kromosom tersebut harus di *repair* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [11]:

$$New\ gen_i = \frac{isi\ gen_i}{\sum_{i=1}^n isi\ gen_i} \quad (15)$$

dengan *isi gen* merupakan nilai yang terdapat dalam gen dan n merupakan jumlah gen dalam satu kromosom.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data penutupan harga saham bulanan LQ 45 dan data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) selama periode pengamatan yaitu Januari 2010 sampai Juni 2018 sehingga diperoleh 102 harga penutupan saham bulanan. Data tersebut diperoleh dari <http://www.finance.yahoo.com/>. Dari 45 saham tersebut terdapat 18 saham yang selalu terdaftar dalam indeks LQ 45. Langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung *expected return*, varians dan standar deviasi masing-masing saham dan IHSG.

Tabel 1 Hasil Perhitungan *Expected Return*, Standar Deviasi dan Varians Masing-Masing Saham

Kode	$\bar{R}_i$	σ_i	σ_i^2	Kode	$\bar{R}_i$	σ_i	σ_i^2
ADRO	0,0004	0,1098	0,0121	JSMR	0,0096	0,0751	0,0056
ASII	0,0067	0,0709	0,0050	KLBF	0,0141	0,0753	0,0057
BBCA	0,0155	0,0589	0,0035	LPKR	-0,0026	0,1119	0,0125
BBNI	0,0139	0,0877	0,0077	PGAS	-0,0075	0,1084	0,0118
BBRI	0,0144	0,0814	0,0066	PTBA	-0,0124	0,1911	0,0365
BMRI	0,0110	0,0755	0,0057	SMGR	0,0000	0,0791	0,0063
GGRM	0,0105	0,0800	0,0064	TLKM	0,0076	0,0601	0,0036
INDF	0,0051	0,0707	0,0050	UNTR	0,0075	0,0801	0,0064
INTP	0,0003	0,0920	0,0085	UNVR	0,0131	0,0715	0,0051
IHSG	0,0084	0,0480	0,0017				

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh bahwa terdapat 16 saham yang memiliki *expected return* positif dan 3 saham yang memiliki *expected return* negatif. Saham-saham yang memiliki nilai *expected return*

negatif juga memiliki nilai standar deviasi yang lebih besar dari standar deviasi saham-saham dengan *expected return* positif. Berdasarkan nilai *expected return* dan standar deviasi tersebut, maka saham-saham yang memiliki nilai *expected return* negatif tidak dijadikan sebagai alternatif dalam melakukan investasi. Dengan demikian, saham-saham LPKR, PGAS dan PTBA tidak masuk dalam analisis berikutnya.

Tahap berikutnya melakukan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov, menghitung nilai *ERB* dan *Cut off Rate* setiap saham. Berdasarkan Tabel 2, diperoleh hasil uji normalitas Kolmogorov-Smirnov saham-saham tersebut berdistribusi normal. Selanjutnya, menentukan saham-saham yang masuk sebagai kandidat dalam portofolio saham optimal berdasarkan *Single Index Model*. Penentuan saham-saham yang terpilih sebagai kandidat portofolio saham optimal diperoleh dengan membandingkan nilai *ERB* dengan nilai *Cut Off Point* (C^*) atau nilai *Cut off Rate* (C_i) tertinggi pada masing-masing saham. Jika nilai *ERB* dari saham lebih besar atau sama dengan nilai C^* maka saham tersebut dapat dijadikan sebagai kandidat portofolio saham optimal. Saham-saham yang terpilih menjadi kandidat portofolio saham optimal dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2 Perhitungan *P-Value*, *ERB* dan *Cut off Rate* Setiap Saham

Kode Saham	<i>P-Value</i>	<i>ERB_i</i>	<i>C_i</i>
ADRO	0,889	-0,0429	0,0045
ASII	0,444	0,0034	0,0053
BBCA	0,818	0,0205	0,0047
BBNI	0,375	0,0259	0,0019
BBRI	0,813	0,0240	0,0027
BMRI	0,887	0,0127	0,0052
GGRM	0,697	0,0339	0,0006
INDF	0,535	-0,0003	0,0051
INTP	0,756	-0,0215	0,0045
JSMR	0,628	0,0159	0,0049
KLBF	0,641	0,0297	0,0013
SMGR	0,892	-0,0149	0,0047
TLKM	0,792	0,0098	0,0053
UNTR	0,749	0,0092	0,0054
UNVR	0,136	0,0600	0,0003
IHSG	0,055		

Berdasarkan Tabel 2, diketahui nilai C^* sebesar 0,0054 sehingga terdapat 10 saham yang menjadi kandidat portofolio saham optimal. Dalam penelitian ini, saham-saham yang akan dilanjutkan dalam analisis Algoritma Genetika adalah saham-saham yang memiliki nilai *ERB* tertinggi urutan pertama sampai dengan urutan ketiga yaitu saham UNVR, GGRM dan KLBF. Saham-saham yang telah terpilih, selanjutnya dianalisis menggunakan Algoritma Genetika.

Siklus-siklus dalam Algoritma Genetika yaitu:

1. Pembentukan Kromosom
Kromosom terdiri atas gen-gen berupa saham-saham yaitu saham UNVR, GGRM dan KLBF.
2. Populasi Awal
Populasi awal dibentuk secara acak sesuai dengan ukuran populasi yang digunakan yaitu sebanyak 50 kromosom.
3. Evaluasi *Fitness*
50 kromosom dari populasi awal dihitung nilai *fitness* nya masing-masing. *Fitness* diperoleh dari rasio antara *expected return* portofolio dan risiko portofolio.

4. *Crossover*

Jumlah *offspring* yang diperoleh dari hasil *crossover* yaitu sebanyak $pop\ size \times P_c = 50 \times 60\% = 30\ offspring$. Induk-induk yang terpilih akan mengalami proses *crossover* menggunakan metode *extended intermediate crossover*.

5. Mutasi

Jumlah *offspring* yang diperoleh dari hasil mutasi yaitu sebanyak $pop\ size \times P_m = 50 \times 10\% = 5\ offspring$. Hal ini berarti terdapat lima kromosom yang akan diubah satu nilai gen dari masing-masing kromosom.

6. Seleksi

Total kromosom yang diperoleh setelah proses operator Algoritma Genetika dilakukan adalah kromosom-kromosom dari *pop size* awal, *offspring* hasil proses *crossover* dan *offspring* hasil mutasi yaitu 85 kromosom. Dalam Algoritma Genetika, *pop size* dari setiap generasi bernilai konstan sesuai dengan parameter kontrol yang digunakan yaitu 50 kromosom maka kromosom-kromosom tersebut harus diseleksi. Metode seleksi yang digunakan adalah seleksi *elitism*, sehingga kromosom-kromosom yang diperoleh adalah kromosom dengan nilai *fitness* urutan 50 terbesar.

Tahap-tahap tersebut dilakukan sampai dengan kriteria berhenti yang digunakan yaitu *generations* atau berhenti pada generasi yang telah ditentukan. Pada penelitian ini, simulasi dihentikan sampai dengan generasi ketiga. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *Single Index Model* dan Algoritma Genetika bobot portofolio, *return* portofolio dan risiko portofolio yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 3 Hasil Perhitungan Bobot Portofolio, Return Portofolio dan Risiko Portofolio Berdasarkan *Single Index Model* dan Algoritma Genetika

Metode	Bobot Portofolio			Return Portofolio	Risiko Portofolio
	UNVR	GGRM	KLBF		
<i>Single Index Model</i>	0,4126	0,2038	0,3835	0,0075	0,0746
Algoritma Genetika	0,9372	0,0326	0,0301	0,0081	0,0719

Berdasarkan Tabel 3, diperoleh bahwa *return* portofolio dan risiko portofolio Algoritma Genetika lebih optimal dibandingkan dengan *Single Index Model*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Saham-saham yang masuk dalam portofolio saham optimal untuk dilanjutkan dalam proses Algoritma Genetika adalah saham UNVR, saham GGRM dan saham KLBF. Saham-saham tersebut diperoleh berdasarkan nilai *ERB* dan *Cut Off Point* menggunakan perhitungan manual menggunakan *Single Index Model*. Saham-saham yang memiliki nilai *ERB* lebih besar atau sama dengan dari *Cut Off Point* maka saham tersebut dapat dipilih sebagai alternatif untuk berinvestasi. Saham-saham tersebut terdiri atas sebesar 10 saham. Akan tetapi, saham yang digunakan untuk dilanjutkan dalam analisis Algoritma Genetika sebanyak tiga saham yang memiliki nilai *ERB* tertinggi urutan pertama sampai dengan urutan ketiga.
2. Analisis yang dilakukan bahwa Algoritma Genetika dapat menentukan portofolio saham optimal adalah dengan membandingkan *expected return* portofolio dan risiko portofolio antara Algoritma Genetika dengan perhitungan manual menggunakan *Single Index Model*. *Expected return* portofolio berdasarkan Algoritma Genetika sebesar 0,0081 lebih besar dari *expected return* perhitungan manual menggunakan *Single Index Model* yaitu 0,0075 dan risiko portofolio berdasarkan Algoritma Genetika sebesar 0,0719 lebih kecil dibandingkan dengan risiko portofolio perhitungan manual menggunakan *Single Index Model* yaitu sebesar 0,0746. Sehingga Algoritma

Genetika lebih optimal dibandingkan dengan perhitungan manual menggunakan *Single Index Model*. Bobot atau proporsi dana yang dapat dialokasikan oleh investor adalah sebesar 93,73% pada saham UNVR, 3,26% pada saham GGRM dan 3,01% pada saham KLBF.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Halim A. *Analisis Investasi*. Jakarta: Salemba Empat; 2005.
- [2] Husnan S. *Dasar-Dasar Teori Portofolio dan Analisis Sekuritas*. Yogyakarta: AMP YKPN; 2003.
- [3] Sutojo T, Mulyanto E, Suhartono V. *Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: ANDI; 2011.
- [4] Zukhri Z. *Algoritma Genetika*. Yogyakarta: ANDI; 2014.
- [5] Hartono J. *Teori dan Praktik Portofolio dengan Excel*. Jakarta: Salemba Empat; 2014.
- [6] Herlianto D. *Manajemen Investasi Plus Jurus Mendeteksi Investasi Bodong*. Yogyakarta: Goyson Publishing; 2013.
- [7] Siegel S. *Nonparametric Statistics For The Behavioral Sciences*, New York: The Mc Graw-Hill Companies; 1956.
- [8] Hartono J. *Teori Portofolio dan Analisis Investasi*. Yogyakarta: BPFE; 2015.
- [9] Elton EJ, and Gruber MJ. *Modern Portofolio Theory and Investment Analysis*. Canada: John Willey & Sons, Inc. Toronto; 1995.
- [10] Syarif, E.A. *Algoritma Genetika: teori dan aplikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu; 2014.
- [11] Wahyuni R, Mahmudy WF, Setiawan, DB. Penentuan Portofolio Saham Optimal Menggunakan Algoritma Genetika. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2017; 1(1):63-68.
- [12] Hopgood AA. *Intelligent Systems for Engineers and Scientists*. Florida: CRC Press; 2001.

EKA LESTARI	: Jurusan Matematika FMIPA UNTAN, Pontianak ekalestariel06@gmail.com
EVY SULISTIANINGSIH	: Jurusan Matematika FMIPA UNTAN, Pontianak evysulistianingsih@math.untan.ac.id
NURFITRI IMRO'AH	: Jurusan Matematika FMIPA UNTAN, Pontianak nurfitriimroah18@gmail.com