

OPTIMISASI PORTOFOLIO SAHAM SYARIAH DENGAN PENDEKATAN FUZZY GOAL PROGRAMMING

Rahma Aulina¹, Khusnul Novianingsih², Fitriani Agustina³

^{1,2,3}Program Studi Matematika, Universitas Pendidikan Indonesia

e-mail: aularahma3@gmail.com

Diterima: 24 Juli 2023 , disetujui: 31 Juli 2023, dipublikasi: 31 September 2023

Abstract: This study discusses about solving the problem of stock portfolio optimization. The portfolio optimization problem can be modeled as a multiobjective model with two objective functions, they are maximizing return and minimizing risk. This study uses the mean-variance Markowitz model to model the portfolio. The fuzzy goal programming approach is used to solve stock portfolio problems by converting a multi-objective model into a fuzzy mathematical programming model which is solved using a nonlinear programming method. The results of implementing the model on stocks listed on the Jakarta Islamic Index show that the best investment proportion forms an optimal portfolio according to the level of aspirations. Several different optimal portfolios can be formed using the fuzzy goal programming approach. The difference in the results of these portfolios depends on the level of aspiration of investors.

Keywords: Fuzzy goal programming, islamic stocks, multiobjective problems, optimization, stock portfolio.

Abstrak: Penelitian ini membahas penyelesaian masalah optimisasi portofolio saham. Masalah optimisasi portofolio dapat dimodelkan sebagai model multiobjektif dengan dua fungsi tujuan, yaitu memaksimalkan return dan meminimumkan risiko. Penelitian ini menggunakan model mean-variance Markowitz untuk memodelkan portofolio. Pendekatan fuzzy goal programming digunakan untuk menyelesaikan masalah portofolio saham dengan mengkonversi model multiobjektif menjadi model fuzzy mathematical programming yang diselesaikan dengan metode nonlinear programming. Hasil implementasi model pada saham-saham yang terdaftar pada Jakarta Islamic Index menunjukkan bahwa proporsi investasi terbaik membentuk portofolio optimal sesuai dengan tingkat aspirasi. Beberapa portofolio optimal yang berbeda dapat dibentuk menggunakan pendekatan fuzzy goal programming. Perbedaan hasil portofolio-portofolio tersebut bergantung pada tingkat aspirasi investor.

Kata Kunci: Fuzzy goal programming, saham syariah, masalah multiobjektif, optimisasi, portofolio saham, saham syariah.

PENDAHULUAN

Investasi pasar modal dapat dilakukan pada berbagai jenis instrumen investasi salah satunya saham [1]. Berinvestasi atau menyimpan sebagian dana pada pasar modal bukan hal yang dilakukan oleh banyak orang karena cukup berisiko. Risiko yang ada mempengaruhi tingkat keuntungan investasi. Risiko yang timbul antara lain karena adanya fluktuasi harga saham. Banyak faktor yang memengaruhi perubahan harga saham sehingga besar *return* atau tingkat pengembalian yang akan diterima dari investasi saham sulit diperkirakan. Semakin tinggi tingkat pengembalian yang diharapkan maka semakin tinggi pula risiko yang akan dihadapi [2].

Untuk mengurangi risiko yang terjadi ketika harga saham mengalami penurunan, investor perlu menyebarkan dananya pada sejumlah saham. Penggabungan sejumlah saham dalam suatu investasi ini disebut portofolio saham. Dalam pembentukan portofolio saham ini timbul masalah mengenai penentuan saham terbaik yang harus dimasukkan ke dalam portofolio dan proporsi dana yang harus diinvestasikan agar menghasilkan portofolio yang optimal [2]. Portofolio optimal adalah portofolio yang memiliki kombinasi ekspektasi *return* dan risiko terbaik [3]. Portofolio optimal merupakan portofolio yang dipilih investor dari beberapa pilihan portofolio efisien [3]. Portofolio efisien adalah portofolio yang hanya memiliki salah satu faktor terbaik yaitu faktor ekspektasi *return* atau faktor risikonya.

Salah satu cara untuk memodelkan portofolio adalah menggunakan model Markowitz. Penentuan portofolio dengan model Markowitz menekankan pada hubungan *return* dan risiko investasinya [4]. Model Markowitz yang dikenal dengan model *mean-variance* membutuhkan pengetahuan mengenai tingkat pengembalian yang diharapkan (*expected returns*), standar deviasi, serta korelasi antar komponen portofolio sebagai parameter pada model [5].

Permasalahan pembentukan portofolio optimal dengan optimisasi risiko dan tingkat pengembalian dapat dipandang sebagai masalah multiobjektif dengan dua fungsi tujuan. Adapun tujuan tambahan merepresentasikan faktor-faktor lain yang dapat diperkenalkan sebagai pendekatan yang lebih realistis pada permasalahan pembentukan portofolio optimal [6]. Untuk menyelesaikan masalah multiobjektif dapat menggunakan teknik *goal programming*. *Goal programming* adalah salah satu teknik untuk menyelesaikan masalah optimasi dengan tujuan lebih dari satu yang merupakan perluasan dari model pemrograman linear [7].

Metode *goal programming* dalam perkembangannya dapat dikombinasikan dengan metode *Fuzzy*. *Fuzzy mathematical programming* dikembangkan untuk mengatasi ketidakpastian dalam pengaturan masalah optimasi. Pada model pembentukan portofolio *fuzzy goal programming*, pengambil keputusan diharuskan untuk menentukan tingkat aspirasi untuk setiap tujuan dalam model dengan tingkat aspirasi yang tidak diketahui secara tepat. Dalam hal ini, tujuan dengan tingkat yang tidak tepat dapat diperlakukan sebagai tujuan *fuzzy* [6].

Pada penyelesaian model *goal programming* dilakukan pengurutan prioritas terhadap semua tujuan yang ingin dicapai. Pada model *fuzzy goal programming* itu sendiri tidak perlu mengurutkan prioritas atau melakukan pembobotan terlebih dahulu terhadap fungsi-fungsi tujuannya, hanya diperlukan batas oleh pembuat keputusan atau perusahaan. Data yang tidak tepat juga dapat ditoleransi dengan konsep *fuzzy* [7].

Dalam menyelesaikan masalah multiobjektif mengenai pembentukan portofolio investasi yang optimal, para peneliti sebelumnya telah berhasil menerapkan beberapa metode. Parra, dkk. [8] menyelesaikan masalah optimisasi portofolio berdasarkan

return, risiko, dan likuiditas menggunakan multi-indeks prioritas dan pendekatan *fuzzy goal programming* beserta pengaplikasiannya pada *Spanish mutual funds*. Priyatna dan Sukono [2] dalam penelitiannya memilih dua saham unggulan dan menentukan proporsi dana yang akan diinvestasikan dalam pembentukan suatu portofolio menggunakan model Markowitz. Inan dan Apaydin [5] menggunakan pendekatan *fuzzy goal programming* untuk menyelesaikan masalah pembentukan portofolio dengan model *mean-variance* Markowitz dan diaplikasikan terhadap delapan saham yang terdaftar dalam *Istanbul Stock Exchange (IMKB)*. Kazemi, dkk. [9] telah berhasil menerapkan pendekatan *fuzzy goal programming* untuk menyelesaikan masalah multi objektif pembentukan portofolio optimal. Pada penelitian ini, digunakan formulasi Markowitz untuk menentukan *expected return* dan *sharp coefficient* untuk menentukan risiko. Pada contoh numeriknya, disajikan perbandingan metode yang digunakan dengan metode Markowitz klasik. Afriyanti, dkk. [4] telah berhasil menggunakan model Markowitz pada saham-saham yang tergabung dalam *Jakarta Islamic Index (JII)* untuk membentuk portofolio optimal. Penelitian ini akan menerapkan pendekatan *fuzzy goal programming* pada penyelesaian masalah multiobjektif mengenai pembentukan portofolio saham yang optimal dengan model *mean-variance* Markowitz. Selanjutnya, penyelesaian optimisasi portofolio saham tersebut akan diimplementasikan untuk masalah optimisasi portofolio saham untuk saham-saham yang terdaftar pada salah satu indeks saham syariah yang ada di Indonesia. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi masyarakat tentang pemilihan investasi saham yang terbaik.

METODOLOGI PENELITIAN

Model Optimisasi

Pembangunan model masalah ini dimulai dengan terlebih dahulu membangun model multiobjektif awal. Parameter-parameter pada model optimisasi pembentukan portofolio saham didefinisikan sebagai:

- r_i adalah *return* dari saham i pada portofolio.
- X_i adalah proporsi dana yang dialokasikan untuk saham i pada portofolio.
- r adalah vektor rata-rata dari *return*.
- α_1 adalah ekspektasi *return* minimum yang ditetapkan oleh investor.
- α_2 adalah risiko maksimum yang ditetapkan oleh investor.
- n adalah banyaknya saham yang dilibatkan dalam pembentukan portofolio.

Pembentukan portofolio investasi ditujukan untuk meningkatkan keuntungan dan meminimalkan risiko. Oleh karena itu masalah ini dapat dipandang sebagai masalah multiobjektif dengan dua fungsi tujuan. Fungsi-fungsi tujuan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Memaksimumkan ekspektasi *return* dari portofolio.

Secara matematis, tujuan ini dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut.

Maksimumkan:

$$E(r_p) = E\left(\sum_{i=1}^n r_i X_i\right) = r^t X$$

2. Meminimumkan risiko portofolio.

Risiko portofolio adalah varians dari portofolio sehingga secara matematis, tujuan ini dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

Minimumkan:

$$Var(r_p) = Var\left(\sum_{i=1}^n r_i X_i\right) = X^t Q X$$

Adapun kendala-kenadala model optimisasi pembentukan portofolio adalah terkait kondisi-kondisi berikut:

1. Ekspektasi retrun yang dihasilkan harus lebih dari atau sama dengan ekspektasi *return* yang dapat diterima investor.

$$E(r_p) \geq \alpha_1$$

2. Risiko yang dihasilkan harus kurang dari atau sama dengan risiko yang dapat diterima oleh investor.

$$Var(r_p) \leq \alpha_2$$

3. Total seluruh proporsi dana yang dialokasikan pada setiap saham adalah 1.

$$\sum_{i=1}^n X_i = 1$$

Batasan variabel menentukan bahwa semua variabel yang terlibat bernilai nonnegatif. Batasan ini dituliskan sebagai:

$$X_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n.$$

Model Fuzzy Goal Programming

Langkah pertama untuk menyelesaikan masalah optimisasi dengan pendekatan *fuzzy goal programming* adalah mendefinisikan masing-masing fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk ekspektasi *return* dan risiko. Fungsi keanggotaan untuk ekspektasi *return* merupakan fungsi linear naik sedangkan untuk risiko, fungsi keanggotaannya merupakan fungsi linear turun. Berikut adalah fungsi-fungsi tersebut:

$$\mu_E(E(r_p)) = \begin{cases} 0; & E(r_p) \leq E_L \\ \frac{E(r_p) - E_L}{E_U - E_L}; & E_L \leq E(r_p) \leq E_U \\ 1; & E(r_p) \geq E_U \end{cases}$$

di mana:

E_L : derajat kebutuhan.

E_U : derajat kecukupan.

$$\mu_V(Var(r_p)) = \begin{cases} 1; & Var(r_p) \leq V_U \\ \frac{V_L - Var(r_p)}{V_L - V_U}; & V_U \leq Var(r_p) \leq V_L \\ 0; & Var(r_p) \geq V_L \end{cases}$$

di mana:

V_L : derajat kebutuhan.

V_U : derajat kecukupan.

Selanjutnya, model multiobjektif dikonversi menjadi model *fuzzy goal programming* dengan memisalkan $D = \{E(r_p), Var(r_p)\}$ sebagai tujuan *fuzzy* yang akan dioptimalkan dengan $E(r_p) = r^t X$ dan $Var(r_p) = X^t Q X$. Maka berdasarkan bentuk umum masalah *fuzzy goal programming*, masalah pembentukan portofolio optimal

dapat dinyatakan sebagai:

Optimalkan:

D

Terhadap:

$$\begin{aligned} \overline{E(r_p)} &\lesssim \alpha_1 \\ \overline{Var(r_p)} &\lesssim \alpha_2 \\ \sum_{i=1}^n X_i &= 1 \end{aligned}$$

Langkah selanjutnya adalah mendefinisikan tingkat aspirasi untuk ekpektasi *return* dan risiko. Untuk menyelesaikan model di atas, perlu didefinisikan fungsi keanggotaan untuk D. Berdasarkan definisi keputusan *fuzzy* atau *fuzzy decision* pada Narasimhan [10] maka fungsi keanggotaan untuk himpunan D, yakni $\mu_D(x)$, adalah:

$$\mu_D(x) = \mu_E(E(r_p)) \wedge \mu_V(Var(r_p)) = \text{Min}(\mu_E(E(r_p)), \mu_V(Var(r_p)))$$

dengan $\mu_E(E(r_p))$ dan $\mu_V(Var(r_p))$ masing-masing adalah fungsi keanggotaan untuk tingkat pengembalian yang diharapkan ($E(r_p)$) dan risiko ($Var(r_p)$). Pada fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk tingkat pengembalian yang diharapkan ($E(r_p)$) dan risiko ($Var(r_p)$), semakin besar derajat keanggotaan ($E(r_p)$) dan ($Var(r_p)$), semakin baik pengaruhnya pada portfolio. Oleh karena itu, untuk membentuk portofolio optimal, derajat keanggotaan untuk ($E(r_p)$) dan ($Var(r_p)$) harus dimaksimalkan. Berdasarkan Narasimhan [10], formulasi untuk keputusan yang memaksimalkan adalah:

$$\text{Max } \mu_D(x) = \text{Max } \text{Min}(\mu_E(E(r_p)), \mu_V(Var(r_p)))$$

Misalkan:

$$\lambda = \text{Min}(\mu_E(E(r_p)), \mu_V(Var(r_p)))$$

Maka diperoleh model optimisasi dengan fungsi tujuan memaksimalkan λ dan kendala-kendala; 1) $\lambda \leq \mu_E(E(r_p))$, 2) $\lambda \leq \mu_V(Var(r_p))$, 3) $\lambda \geq 0$. Dengan mensubstitusikan:

$$\begin{aligned} \mu_E(E(r_p)) &= \frac{E(r_p) - E_L}{E_U - E_L} \\ \mu_V(Var(r_p)) &= \frac{V_L - Var(r_p)}{V_L - V_U} \end{aligned}$$

Diperoleh model optimasi sebagai berikut:

Maksimumkan:

λ

Terhadap:

$$\begin{aligned} Var(r_p) + (V_L - V_U)\lambda &\leq V_L \\ E(r_p) + (E_L - E_U)\lambda &\geq E_L \\ \sum_{i=1}^n X_i &= 1 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned}$$

$$X_i \geq 0$$

dengan:

$$\text{Var}(r_p) = X^t Q X \text{ dan } E(r_p) = r^t X$$

Karena salah satu parameter pada fungsi kendala yang pertama adalah $\text{Var}(r_p) = X^t Q X$, maka fungsi kendala pertama pada model di atas merupakan fungsi nonlinier. Dengan demikian, model optimasi di atas dapat diselesaikan dengan metode penyelesaian *nonlinear programming*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model *fuzzy nonlinear programming* di atas diaplikasikan untuk membentuk lima portofolio berbeda dari saham-saham yang terdaftar pada *Jakarta Islamic Indeks* yang memiliki rata-rata *return* harian positif dan diselesaikan menggunakan *software* LINGO 20.0. Dari tiga puluh saham yang terdaftar pada indeks tersebut, terdapat 22 saham yang memiliki rata-rata *return* harian positif dengan korelasi berada pada rentang (0, 1). Misalkan:

- X_1 adalah proporsi dana investasi untuk saham ADRO pada portofolio.
- X_2 adalah proporsi dana investasi untuk saham AKRA pada portofolio.
- X_3 adalah proporsi dana investasi untuk saham ANTM pada portofolio.
- X_4 adalah proporsi dana investasi untuk saham BRMS pada portofolio.
- X_5 adalah proporsi dana investasi untuk saham BRPT pada portofolio.
- X_6 adalah proporsi dana investasi untuk saham CPIN pada portofolio.
- X_7 adalah proporsi dana investasi untuk saham EXCL pada portofolio.
- X_8 adalah proporsi dana investasi untuk saham HEAL pada portofolio.
- X_9 adalah proporsi dana investasi untuk saham ICBP pada portofolio.
- X_{10} adalah proporsi dana investasi untuk saham INCO pada portofolio.
- X_{11} adalah proporsi dana investasi untuk saham INDF pada portofolio.
- X_{12} adalah proporsi dana investasi untuk saham INKP pada portofolio.
- X_{13} adalah proporsi dana investasi untuk saham ITMG pada portofolio.
- X_{14} adalah proporsi dana investasi untuk saham KLBF pada portofolio.
- X_{15} adalah proporsi dana investasi untuk saham MIKA pada portofolio.
- X_{16} adalah proporsi dana investasi untuk saham PGAS pada portofolio.
- X_{17} adalah proporsi dana investasi untuk saham PTBA pada portofolio.
- X_{18} adalah proporsi dana investasi untuk saham SIDO pada portofolio.
- X_{19} adalah proporsi dana investasi untuk saham SMGR pada portofolio.
- X_{20} adalah proporsi dana investasi untuk saham TPIA pada portofolio.
- X_{21} adalah proporsi dana investasi untuk saham UNTR pada portofolio.
- X_{22} adalah proporsi dana investasi untuk saham UNVR pada portofolio.

Didefinisikan juga tingkat aspirasi untuk masing-masing ekspektasi *return* dan risiko portofolio. Tingkat aspirasi ditentukan berdasarkan Portofolio B atau P_B yang diperoleh ketika $X_1 = X_2 = X_3 = \dots = X_{22} = \frac{1}{22} = 0,0455$. Hal ini agar tingkat aspirasi tetap realistis. Selanjutnya dibentuk fungsi keanggotaan *fuzzy* dari ekspektasi *return* dan risiko portofolio untuk masing-masing portofolio kemudian disubstitusikan pada model *fuzzy nonlinear programming* yang dibentuk sebelumnya.

Hasil Implementasi

Model yang diselesaikan dengan metode *nonlinear programming* menggunakan *Software LINGO 20.0* menghasilkan *output* sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai Masing-Masing Variabel pada Portofolio Berdasarkan Perhitungan LINGO.

Variabel	Portofolio				
	P1	P2	P3	P4	P5
λ	0,1068502	0,08696432	0,01437086	0,003057856	0,000864763
X_1	0	0	0	0	0,000000201
X_2	0	0,00000012	0	0	0,000001066
X_3	0	0	0	0	0
X_4	0,000000242	0,000000396	0	0,000000399	0,000003694
X_5	0	0	0	0	0
X_6	0	0	0	0	0
X_7	0,3674182	0,331828	0,3439568	0,2667791	0,393834600
X_8	0	0	0	0	0
X_9	0	0	0	0	0
X_{10}	0	0,000000139 6	0	0	0,000001183
X_{11}	0	0	0	0	0
X_{12}	0	0	0	0	0
X_{13}	0,5891991	0,628966	0,6154127	0,7016492	0,5596761
X_{14}	0	0	0	0	0,000000108
X_{15}	0	0	0	0	0,000000228
X_{16}	0	0	0	0	0
X_{17}	0	0	0	0	0
X_{18}	0,04338228	0,03920523	0,04063039	0,031571020	0,046482470
X_{19}	0	0	0	0	0,000864763
X_{20}	0	0	0	0	0,000000201
X_{21}	0	0	0	0	0,000001066
X_{22}	0	0	0	0	0

Berdasarkan hasil implementasi, diperoleh bahwa portofolio yang terbentuk menghasilkan ekspektasi *return* dan risiko yang memenuhi fungsi kendala atau tingkat aspirasi. Portofolio optimal untuk masing-masing tingkat aspirasi dapat dibentuk melalui pengalokasian dana investasi dengan strategi berikut:

1. Untuk porofolio 1, dengan tingkat aspirasi ekspektasi *return* 0,02 dan tingkat aspirasi risiko 0,125 strategi penglakosian dana investasi untuk membentuk portofolio adalah:
 - 0,00002419% dana diinvestasikan pada saham BRMS.
 - 36,74182% dana diinvestasikan pada saham EXCL.
 - 58,91991% dana diinvestasikan pada saham TMG.
 - 4,339229% dana diinvestasikan pada saham SIDO.

2. Untuk Portofolio 2, dengan tingkat aspirasi ekspektasi *return* 0,019 dan tingkat aspirasi risiko 0,1 strategi pengalokasian dana investasi untuk membentuk portofolio adalah:
 - 0,00001202% dana diinvestasikan pada saham AKRA.
 - 0,00003962% dana diinvestasikan pada saham BRMS.
 - 33,1828% dana diinvestasikan pada saham EXCL.
 - 0,00001396% dana diinvestasikan pada saham INCO.
 - 62,8966% dana diinvestasikan pada saham ITMG.
 - 3,920523% dana diinvestasikan pada saham SIDO.
3. Untuk Portofolio 3, dengan tingkat aspirasi ekspektasi *return* 0,02 dan tingkat aspirasi risiko 0,1 strategi pengalokasian dana investasi untuk membentuk portofolio adalah:
 - 34,39568% dana diinvestasikan pada saham EXCL.
 - 61,54127% dana diinvestasikan pada saham ITMG.
 - 4,063039% dana diinvestasikan pada saham SIDO.
4. Untuk Portofolio 4, dengan tingkat aspirasi ekspektasi *return* 0,02 dan tingkat aspirasi risiko 0,06 strategi pengalokasian dana investasi untuk membentuk portofolio adalah:
 - 0,00003993132% dana diinvestasikan pada saham BRMS.
 - 26,67791% dana diinvestasikan pada saham EXCL.
 - 70,16492% dana diinvestasikan pada saham ITMG.
 - 3,157102% dari dana diinvestasikan pada saham SIDO.
5. Untuk Portofolio 5, dengan tingkat aspirasi ekspektasi *return* 0,03 dan tingkat aspirasi risiko 0,129 strategi pengalokasian dana investasi untuk membentuk portofolio adalah:
 - 0,0000200988% dana diinvestasikan pada saham ADRO.
 - 0,0001065604% dana diinvestasikan pada saham AKRA.
 - 0,00003993132% dana diinvestasikan pada saham BRMS.
 - 39,38346% dana diinvestasikan pada saham EXCL.
 - 0,0001183423% dana diinvestasikan pada saham INCO.
 - 70,16492% dana diinvestasikan pada saham ITMG.
 - 0,0000107985% dana diinvestasikan pada saham KLBF.
 - 0,00002279858% dana diinvestasikan pada saham MIKA.
 - 4,648247% dana diinvestasikan pada saham SIDO.

Dengan mensubstitusikan nilai λ ke fungsi keanggotaan untuk masing-masing portofolio, diperoleh nilai $E(r_p)$ dan $Var(r_p)$ untuk masing-masing portofolio. Hasil yang diperoleh bahwa dengan menggunakan strategi ini, dihasilkan portofolio yang berpotensi memberikan *return* sebesar 0,028548 dengan risiko sebesar 0,112392 untuk portofolio 1. Untuk portofolio 2, dihasilkan portofolio yang berpotensi memberikan *return* sebesar 0,026044 dengan risiko sebesar 0,091912. Untuk portofolio 3, dihasilkan portofolio yang berpotensi memberikan *return* sebesar 0,026898 dengan risiko sebesar 0,098664. Untuk portofolio 4 dihasilkan portofolio yang berpotensi memberikan *return* sebesar 0,021468 dengan risiko sebesar 0,05983, sedangkan untuk portofolio 6 memberikan portofolio yang berpotensi memberikan *return* sebesar 0,030406439 dengan risiko sebesar 0,128931684. Ekspektasi *return* dan risiko portofolio dari kelima portofolio diberikan pada Tabel 2.

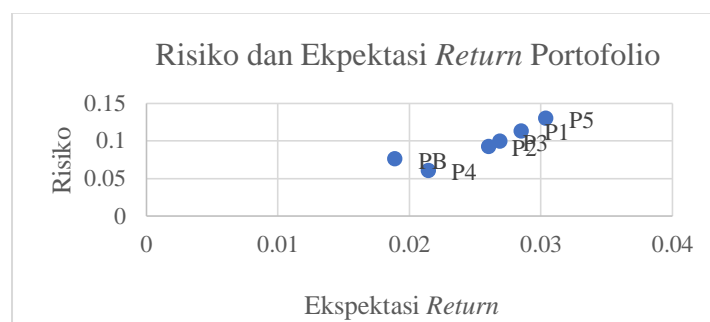
Tabel 2. Ekspektasi *Return* dan Risiko Portofolio.

Portofolio	Batasan-Batasan		Hasil	
	$E(r_p)$	$Var(r_p)$	$E(r_p)$	$Var(r_p)$
P1	$E_L = 0,02$	$V_U = 0,007$	0,028548	0,112392
	$E_U = 0,1$	$V_L = 0,125$		
P2	$E_L = 0,019$	$V_U = 0,007$	0,026044	0,091912
	$E_U = 0,1$	$V_L = 0,1$		
P3	$E_L = 0,02$	$V_U = 0,07$	0,026898	0,098664
	$E_U = 0,5$	$V_L = 0,1$		
P4	$E_L = 0,02$	$V_U = 0,007$	0,021468	0,059838
	$E_U = 0,5$	$V_L = 0,06$		
P5	$E_L = 0,03$	$V_U = 0,05$	0,030406439	0,128931684
	$E_U = 0,5$	$V_L = 0,129$		

Perbandingan ekspektasi *return* dan risiko dari Portofolio B, portofolio yang diperoleh ketika $X_1 = X_2 = \dots = X_{22}$, dengan portofolio-portofolio diselesaikan menggunakan metode *nonlinear programming* terdapat pada Tabel 3 dan Gambar 1.

Tabel 3. Perbandingan Ekspektasi *Return* dan Risiko dari Portofolio.

Portofolio	Hasil	
	$E(r_p)$	$Var(r_p)$
P_B	0,01892	0,07499
P1	0,028548	0,112392
P2	0,026044	0,091912
P3	0,026898	0,098664
P4	0,021468	0,059838
P5	0,030406439	0,128931684



Gambar 1. Perbandingan Hasil Ekspektasi Return dan Risiko Portofolio.

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa setiap portofolio menghasilkan tingkat ekspektasi *return* dan risiko yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat aspirasi investor sangat mempengaruhi portofolio yang terbentuk. Portofolio dengan ekspektasi *return* yang tinggi menghasilkan risiko yang lebih tinggi juga kecuali pada portofolio B. Dapat dilihat bahwa portofolio 4 menghasilkan ekspektasi *return* yang lebih tinggi daripada portofolio B dengan risiko yang lebih rendah. Jelas bahwa portofolio B tidaklah optimal. Dengan demikian, metode *nonlinear programming* dapat menghasilkan portofolio optimal dengan tingkat aspirasi yang dapat ditentukan investor. Investor dapat memilih portofolio 1, portofolio 2, portofolio 3, portofolio 4, maupun portofolio 5 yang paling sesuai dengan tingkat aspirasi. Investor yang lebih mementingkan ekspektasi *return* serta berani mengambil risiko dapat memilih Portofolio 5 atau Portofolio 1 yang menghasilkan ekspektasi *return* tertinggi sedangkan investor yang ingin menghindari risiko dapat memilih Portofolio 4 dengan tingkat risiko terkecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan terkait penyelesaian masalah optimisasi portofolio saham dengan pendekatan *fuzzy goal programming* dan implementasinya, dapat disimpulkan bahwa masalah optimisasi portofolio saham dengan model portofolio Markowitz dapat diselesaikan menggunakan pendekatan *fuzzy goal programming*. Penyelesaian masalah dilakukan dengan terlebih dahulu model multiobjektif lalu mengubah model tersebut menjadi model *fuzzy goal programming*. Dalam penyelesaiannya, model *fuzzy goal programming* dikonversikan ke dalam model *fuzzy mathematical programming* dan diselesaikan dengan metode *non-linear programming*. Hasil implementasi metode *fuzzy goal programming* pada masalah pembentukan portofolio saham optimal pada saham-saham yang terdaftar dalam Jakarta *Islamic Indeks* menunjukkan bahwa investor dapat memperoleh portofolio optimal yang sesuai dengan berbagai tingkat aspirasi yang diinginkan investor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andriani, S. (2019). Minat Investasi Saham pada Mahasiswa. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis Indonesia*, **4**(1).
- [2] Priyatna, Y., & Sukono, F. (2003). Optimasi Portofolio Investasi Dengan Menggunakan Model Markowitz. *Jurnal Matematika Undip*, **6**(1).
- [3] Safelia, N. (2012). Konsep Dasar Keputusan Investasi dan Portofolio. *Jurnal Manajemen Terapan dan Keuangan*, **1**(3): 217-226.
- [4] Afriyanti, A., Binangkit, I. D., & Hardilawati, W. L. (2021). Analisis Portofolio Saham Optimal Model Markowitz Pada Jakarta Islamic Indeks (JII) Tahun 2016-2020. *ECOUNTBIS: Economics, Accounting and Business Journal*, **1**(1): 57-72.
- [5] İnan, G. E., & Apaydin, A. (2013). Watada's Fuzzy Portfolio Selection Model and Its Application. *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series A1: Mathematics and Statistics*, **62**(2): 17-27.
- [6] Azmi, R., & Tamiz, M. (2010). A Review of Goal Programming for Portfolio Selection. *New Developments in Multiple Objective and Goal Programming*, 15-33.

- [7] Khotimah, N., Hanum, F., & Bakhtiar, T. Penerapan Fuzzy Goal Programming dalam Penentuan Investasi Bank. Prosiding Seminar Nasional Sains V, 10 November.
- [8] M Parra, M. A., Terol, A. B., & Uriá, M. R. (2001). A Fuzzy Goal Programming Approach to Portfolio Selection. *European Journal of Operational Research*, **133(2)**: 287-297. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00298-8](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00298-8)
- [9] Kazemi, A., Shakourloo, A., & Alinezhad, A. (2017). A Fuzzy Goal Programming Model for Efficient Portfolio Selection. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, **10(22)**: 61-71.
- [10] Narasimhan, R. (1980). Goal Programming In A Fuzzy Environment. *Decision Sciences*, **11(2)**: 325-336.