

PENERAPAN ALGORITMA PENGUINS SEARCH OPTIMIZATION (PeSOA) DAN ALGORITMA MIGRATING BIRDS OPTIMIZATION (MBO) PADA PERMASALAHAN KNAPSACK 0-1

(Implementation of Penguins Search Optimization (PeSOA) and Migrating Birds Optimization (MBO) Algorithms on Knapsack 0-1 Problem)

Rinaldy Ahmad Abdullah, Abduh Riski, Ahmad Kamsyakawuni

Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Jember

Jl. Kalimantan 37 Jember 68121, Indonesia

E-mail: rinaldyahmad99@gmail.com, {riski, kamsyakawuni}.fmipa@unej.ac.id

Abstract. Every person would want maximum profit with as little as possible resources or capital. One example in everyday life is the problem of limited storage media but is required to get the maximum benefit. From this problem comes the term known as the knapsack problem. One of the problems with Knapsack is knapsack 0-1, where knapsack 0-1 is a problem of storing goods where the item will be completely inserted or not at all. Completion of knapsack 0-1 problems can be helped using a metaheuristic algorithm. Metaheuristic algorithms include the Penguins Search Optimization (PeSOA) algorithm and the Migration Birds Optimization (MBO) algorithm. This study aims to determine the resolution of knapsack 0-1 problems using the Penguins Search Optimization (PeSOA) algorithm and the Migration Birds Optimization (MBO) algorithm and compare the optimal solutions obtained. This research method is divided into three main parts. First take data that includes the name of the item, the purchase price, the selling price and the weight of each item. The second is applying the Penguins Search Optimization (PeSOA) algorithm and the Migration Birds Optimization algorithm (MBO) on 0-1 knapsack problems. The third program is made to facilitate the calculation of data with the help of Matlab R2015b software. The results of this study found that both algorithms both reached the optimal solution, but the convergence and running time obtained were different. The Migrating Birds Optimization (MBO) algorithm is faster converging than the Penguins Search Optimization (PeSOA) algorithm to get the optimal solution. And also the Migrating Birds Optimization (MBO) algorithm has better running time than the Penguins Search Optimization (PeSOA) algorithm to achieve maximum iteration.

Keywords: Whale optimization algorithm, multi knapsack 0-1 problem with multiple constraints.

MSC 2010: 90B05

1. Pendahuluan

Setiap orang pasti menginginkan keuntungan yang maksimal dengan sumber atau modal seminimal mungkin. Salah satu contoh dalam kehidupan sehari-hari adalah persoalan media penyimpanan yang terbatas tetapi diharuskan mendapat keuntungan yang semaksimal mungkin. Dari permasalahan tersebut munculah istilah yang dikenal dengan masalah *knapsack*. *Knapsack* sendiri dapat dimisalkan sebagai suatu kantong atau media penyimpanan. Masalah *knapsack* merupakan suatu permasalahan bagaimana memilih objek dari sekian banyak objek dengan batasan objek tersebut sama atau lebih kecil dari kapasitas media penyimpanan sehingga diperoleh hasil yang optimal.

Suyanto [5] menjelaskan bahwa permasalahan *knapsack* dibagi menjadi tiga jenis diantaranya adalah permasalahan *knapsack* 0-1, permasalahan *bounded knapsack*, permasalahan *unbounded knapsack*. Pembagian tersebut didasarkan atas pola penyimpanan barang dengan nilai dan bobot yang bervariasi. Pada penelitian ini penulis ingin membahas tentang masalah *knapsack* 0-1, dimana pada permasalahan *knapsack* 0-1 adalah permasalahan penyimpanan barang dimana barang akan dimasukkan secara utuh atau tidak sama sekali. Permasalahan *knapsack* dapat diselesaikan dengan menggunakan algoritma metaheuristik. Metaheuristik merupakan metode untuk mencari solusi yang memadukan interaksi antar prosedur pencarian lokal dan strategi yang lebih tinggi untuk menciptakan proses yang mampu keluar dari titik-titik lokal optimal dan melakukan pencarian di ruang solusi untuk menemukan solusi global. Seiring dengan perkembangan jaman, perkembangan ilmu pengetahuan, dan teknologi, algoritma metaheuristik terus berkembang dan semakin efisien dalam menyelesaikan permasalahan optimasi. Efisiensi dari penerapan algoritma metaheuristik tidak lepas dari bantuan komputer, karena keterbatasan perhitungan dan penyelesaian manual yang dilakukan oleh manusia.

Banyak algoritma metaheuristik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah *knapsack* 0-1 diantaranya adalah algoritma *Penguins Search Optimization* (PeSOA) dan algoritma *Migrating Bird Optimization* (MBO). Gherabia dan Maoussaoui [3] melakukan penelitian yang mengkaji tentang perilaku sekumpulan penguin dengan teknik pencarian makanan, dikembangkan menjadi sebuah algoritma metaheuristik *Penguins Search Optimization Algorithm*. Pada penelitiannya yang membandingkan algoritma *Penguins Search Optimization* dengan *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Genetika Algorithm* (GA), menunjukkan bahwa algoritma *Penguins Search Optimization* lebih kuat dan efisien dibandingkan dengan algoritma *Particle Swarm Optimization* dan Algoritma *Genetika* karena strategi pencarian makanan tidak hanya mengandalkan perubahan posisi yang paling optimum tapi juga menemukan jalan yang paling optimum. Algoritma ini dapat mendeteksi semua minimum lokal dan global di ruang pencarian yang sangat besar. Menurut [4] yang melakukan penelitian tentang permasalahan *knapsack* 0-1 menggunakan algoritma *Migrating Bird Optimization* dan algoritma *Genetika*, dimana algoritma *Migrating Bird Optimization* dan algoritma *Genetika* (GA) memiliki hasil yang sama namun dalam penelitiannya [4] menyatakan bahwa algoritma *Migrating Bird*

Optimization lebih baik dibandingkan dengan algoritma *Genetika* karena memiliki iterasi yang lebih sedikit.

Berdasarkan dari penelitian tersebut penulis tertarik menyelesaikan masalah *Knapsack 0-1* dengan menggunakan algoritma *Penguins Search Optimization Algorithm* dan algoritma *Migrating Bird Optimization*. Selain itu penulis ingin mengetahui kinerja dari algoritma *Penguins Search Optimization Algorithm* dan algoritma *Migrating Bird Optimization* dan membandingkan keduanya

Knapsack 0-1

Permasalahan *knapsack* yang akan dibahas pada penelitian ini adalah permasalahan *knapsack 0-1*. Permasalahan *knapsack 0-1* merupakan permasalahan dimana terdapat n buah objek dan sebuah media penyimpanan yang memiliki daya tampung maksimal senilai M . Benda-benda pada permasalahan ini memiliki bobot x_1 dengan nilai keuntungan profit (p_i). Permasalahannya adalah bagaimana memilih objek-objek yang dimasukkan ke dalam media penyimpanan sehingga tidak melebihi kapasitas dari media penyimpanan namun memaksimalkan total keuntungan yang diperoleh. Permasalahan *knapsack 0-1* memiliki sistem kerja dimana barang yang diangkut dimensinya harus diangkut seluruhnya atau tidak sama sekali [5]

Permasalahan *knapsack 0-1* memiliki solusi penyelesaian yang dinyatakan sebagai himpunan:

$$X = x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \quad (1)$$

dimana $x_i = 1$ jika benda ke- i dimasukkan ke dalam media penyimpanan, dan $x_i = 0$ jika benda ke- i tidak dimasukkan ke dalam media penyimpanan. Misalkan solusi dari suatu permasalahan *knapsack* adalah $X = x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ itu berarti benda ke-1 dan ke-3 tidak dimasukkan ke dalam media penyimpanan sedangkan benda ke-2 dan ke-4 dimasukkan ke dalam media penyimpanan. Secara matematis, permasalahan *knapsack 0-1* menurut [5], sebagai berikut.

Fungsi tujuan memaksimumkan

$$Z = \sum_{i=1}^n p_i x_i \quad (2)$$

Kendala

$$z = \sum_{i=1}^n w_i x_i \leq M, x_i \in \{1, 0\} \quad (3)$$

dengan,

Z : nilai optimum dari fungsi tujuan

z : kendala fungsi tujuan

n : banyak barang

- p_i : keuntungan barang ke- i , $i = 1, 2, 3, \dots, n$
- w_i : berat barang ke- i , $i = 1, 2, 3, \dots, n$
- x_i : variabel keputusan (1 jika dipilih, 0 jika tidak dipilih)
- M : kapasitas media penyimpanan (*knapsack*)

Algoritma Penguins Search Optimization (PeSOA)

Gherabia dan Maoussaoui [3], melakukan penelitian yang terinspirasi berdasarkan strategi kerjasama penguin saat mencari makanan, untuk mulai penencarian makanan dimulai dengan setiap masing masing individu penguin yang bergerak secara acak, dimana penguin akan memberikan informasi kepada kelompok mengenai posisi dan jumlah ikan yang ditemukan, tujuan kerjasama ini adalah untuk menyatukan informasi sehingga penguin mengetahui posisi dengan jumlah ikan terbanyak. Posisi baru dapat disesuaikan dengan persamaan berikut

$$D_{new} = D_{id} + stepzise.rand. (| X_{best} - X_{id} | +1) \quad (4)$$

dengan

- D_{new} : solusi baru
- D_{id} : solusi akhir dari
- $stepzise$: ukuran langkah
- $rand$: jumlah distribusi acak
- X_{best} : solusi terbaik dalam grup
- X_{id} : solusi lokal yang akan dicari

Berikut ini adalah implementasi penerapan algoritma PeSOA

1. Inisialisasi Populasi

populasi awal pada algoritma PeSOA merepresentasikan ruang penyimpanan yang dimisalkan sebagai penguin P yang didalamnya terdapat sekumpulan barang dan dibentuk secara acak dalam bentuk bilangan rill kemudian dikonversikan menjadi bilangan biner tanpa melebihi kapasitas berat (M) yang ditentukan, apabila melebihi kapasitas maka akan diberlakukan penalty. Proses penalty dilakukan dengan merubah kembali bentuk populasi dari bilangan biner menjadi bilangan rill awal yang ada didalam media penyimpanan. Pada populasi awal akan dipilih salah satu barang dari populasi secara acak, barang yang bernilai $\geq 0,5$ maka akan dikurang 0,5 dan hasil pengurangan tersebut akan menggantikan nilai barang sebelumnya.

2. Perhitungan Setiap Penguin

Untuk memperoleh posisi baru dari setiap penguin digunakan persamaan (4). Sebelum melakukan penyelaman terdapat parameter yang perlu di perhatikan seperti CO (Cadangan Oksigen) yang merepresentasikan berapa kali penguin akan melakukan penyelaman sampai cadangan oksigen habis dan kembali ke kelompok untuk berbagi informasi solusi optimal yang didapat.

3. Update Solusi Terbaik Dan Kriteria Pemberhentian

Setelah semua penguin memiliki beberapa solusi optimal, maka akan dipilih solusi optimal terbaik dari setiap penguin yang menggantikan solusi optimal sebelumnya. Ketika solusi terbaik sudah diperbarui akan dicari solusi terbaik dari setiap kelompok penguin.

Algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO)

Algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) dikemukakan oleh [2], Algoritma ini terinspirasi oleh formasi “V” yang dibentuk oleh burung ketika melakukan migrasi. Menurut [2], formasi “V” bermanfaat untuk efisiensi atau menghemat tenaga ketika burung terbang. Menurut Ulker *et al* [6], penyelesaian permasalahan optimasi menggunakan algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) sebagai berikut:

1. Inisialisasi Populasi Awal

populasi awal pada algoritma MBO merepresentasikan ruang penyimpanan yang dimisalkan sebagai burung B yang dibentuk secara acak dalam bentuk bilangan biner dengan syarat tidak melebihi kapasitas berat (M) yang ditentukan, apabila melebihi kapasitas maka akan diberlakukan penalty. Proses penalty dilakukan dengan memilih secara acak barang yang diangkut dan meninggalkan barang yang terpilih. Setiap burung didalam populasi mewakili semua kemungkinan solusi yang dicari

2. Lingkungan dan Pembagian Solusi

Burung pemimpin sedikitnya membentuk 3 solusi tetangga (k) dengan syarat banyak solusi tetangga harus ganjil, solusi tetangga terbaik yang dibangkitkan digunakan untuk meningkatkan solusi saat ini. Sisa solusi yang lain dibagikan kepada burung anggota di sisi kiri dan kanan. Banyaknya solusi tetangga yang dibangkitkan dan banyaknya solusi yang dibagikan maka dibentuk parameter seperti berikut

$$\begin{aligned}k &\in N^+; k = \{3,5,7, \dots\} \\x &\in N^+; x = (1,2, \dots, \frac{(k-1)}{2}) \\n &= k - x\end{aligned}$$

dengan

k = jumlah solusi tetangga yang harus di pertimbangkan.

x = jumlah solusi tetangga untuk dibagikan dengan solusi berikutnya

n = jumlah solusi tetangga kecuali *sharing*.

Solusi yang diperoleh ketika menerapkan algoritma *Migrating Bird Optimization* (MBO) dipengaruhi faktor lingkungan. Faktor lingkungan disini merupakan solusi tetangga dari solusi utama yang merepresentasikan oleh kawan burung disebelah kanan atau kiri dari burung pemimpin. Penentuan hasil dari solusi tetangga dilakukan hingga iterasi menghasilkan nilai yang optimal. Solusi tetangga yang paling optimal digunakan untuk memperbaiki solusi terbaik yang sudah didapatkan sebelumnya. Selanjutnya burung pemimpin dibagi ke tetangga sebelah kiri kawan

dan kanan sisi kawanan. Solusi tetangga terbaik pada burung selain burung pemimpin akan dipakai dan solusi yang tersisa akan dibagikan ke burung berikutnya. Burung berikutnya yang dimaksud adalah burung lain yang berada dibelakang barisan.

3. Kriteria Pemberhentian

Menurut Ulker *et al* [6], proses iterasi akan terus berlangsung hingga kriteria pemberhentian terpenuhi. Kriteria pemberhentian pada algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) akan terpenuhi apabila iterasi yang dilakukan mencapai maksimal atau hasil yang diperoleh konvergen. Iterasi maksimal tercapai apabila iterasi yang dilakukan sesuai dengan jumlah iterasi yang telah ditentukan pada awal perhitungan.

2. Metodologi

Metode penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *knapsack 0-1* menggunakan algoritma genetika dan algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) sebagai berikut.

1. Pengambilan data yang mencakup nama barang, harga beli, harga jual dan bobot setiap barang.
2. Menerapkan algoritma genetika dan algoritma MBO pada permasalahan *knapsack 0-1*.
3. Pembuatan program untuk mempermudah perhitungan data dengan bantuan *software* Matlab R2015b.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis Data

Data pada penelitian ini merupakan data barang dan obat pertanian yang meliputi harga beli setiap barang, harga jual setiap barang, jumlah setiap barang dan bobot setiap barang yang dibeli UD.ALAM SUBUR dengan kapasitas angkutan maksimum sebesar 500 kg. berdasarkan data tersebut, peneliti menghitung berat barang dan profit dari masing-masing barang. Untuk mencari berat barang diperoleh dari perkalian dari berat setiap barang dengan jumlah setiap barang yang dibeli. Profit diperoleh dari perhitungan selisih harga beli dan harga jual yang ditetapkan.

Tabel 1. Data berat dan profit

No	Nama Barang	Vol/Isi	Berat Barang (w_i) (Kg)	Profit (p_i)(Rp)
1.	amnesti 40 ec 1	50	5	325.000
2.	amnesti 40 ec 2	40	8	220.000
3.	amnesti 40 ec 3	20	8	230.000
4.	barrier gold 6 gr	10	10	70.000
5.	bi-lancer bm 1	50	11,25	300.000
6.	bi-lancer bm 2	20	9	200.000
7.	bi-lancer umbi1	50	11,25	300.000
8.	bi-lancer umbi2	20	9	200.000
9.	bi-lancer padi	50	11,25	300.000
10.	biotan 45	12	12	168.000
11.	crowen 113 ec1	50	4	350.000
12.	crowen 113 ec2	40	8	260.000
13.	crowen 113 ec3	20	8	190.000
14.	extra bor1	50	12,5	50.000
15.	extra bor2	20	10	60.000
16.	ga jeruk	20	10	100.000
17.	ga padi	20	10	60.000
18.	ga sayur daun	20	10	40.000
19.	ga bawang merah	20	10	40.000
20.	ga semangka	20	10	40.000
21.	ga recovery	20	10	60.000
22.	gran borer 1	50	5	100.000
23.	gran borer 2	50	11,25	100.000
24.	gran borer 3	20	9	200.000
25.	gran borer 4	10	10	150.000
26.	hexsagon 1	50	5	200.000
27.	hexsagon 2	40	8	260.000
28.	hexsagon 3	20	8	100.000
29.	ludes 50 ec 1	50	5	200.000
30.	ludes 50 ec 2	30	7,5	270.000
31.	leila	50	2,5	475.000
32.	mun up 503 sl1	10	10	175.000
33.	mun up 503 sl2	4	20	96.000
34.	mun up 503 sl3	1	20	74.000
35.	manxyl68 wp	20	10	300.000
36.	makmur	10	10	350.000
37.	oplosan 610 ec	50	4	175.000
38.	plastik mulsa 9	5	45	225.000
39.	plastik mulsa 15	4	60	172.000
40.	plastikmulsa 18	2	36	120.000
41.	pajero 320 ec1	50	5	375.000
42.	pajero 320 ec2	40	8	240.000
43.	pajero 320 ec3	20	8	100.000
44.	teku 100 ec 1	50	5	450.000
45.	teku 100 ec 2	40	8	280.000
46.	teku 100 ec 3	20	8	150.000
47.	foyer 70 wp 1	40	20	800.000
48.	foyer 70 wp 2	20	20	350.000
49.	amegrass 1	10	50	350.000
50.	amegrass 2	2	40	500.000

Hasil Percobaan

Simulasi dilakukan terhadap data UD.ALAM SUBUR untuk menyelesaikan permasalahan dalam pemilihan barang dengan kapasitas berat yang terbatas 500 Kg . Percobaan dilakukan dengan menggunakan nilai parameter yang ideal untuk dibandingkan. Nilai parameter untuk algoritma MBO antara lain dan . Nilai parameter untuk algoritma PeSOA antarlain dan stepzise = 0.1, 0.2, 0.3.

Parameter tersebut akan dibandingkan untuk mendapatkan profit yang terbaik. Perbandingan parameter dapat dilihat pada Tabel 2. Setiap perbandingan parameter tersebut diuji dengan iterasi sebanyak 3000 kali dengan populasi sebanyak 21, 31, dan 41, yang dilakukan dengan *running* program sebanyak 5 kali.

Tabel 2. Perbandingan parameter

No	POP	MBO		PeSOA	
		k	x	CO	Stepzise
1	21	3	1	3	0.1
2	21	5	2	5	0.1
3	21	7	3	7	0.1
4	31	3	1	3	0.1
5	31	5	2	5	0.1
6	31	7	3	7	0.1
7	41	3	1	3	0.1
8	41	5	2	5	0.1
9	41	7	3	7	0.1

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa berat dan profit barang yang diangkut memiliki nilai yang sama yaitu 497 kg dengan profit sebesar Rp10.364.000. akan tetapi memiliki nilai kekonvergenan yang berbeda dan *running time* yang berbeda. Hasil perbandingan parameter dapat dilihat pada Tabel 3 untuk jumlah populasi 21, Tabel 4 untuk jumlah populasi 31, dan Tabel 5 untuk jumlah populasi 41.

Tabel 3. Hasil perbandingan parameter dengan populasi 21

	MBO				PeSOA			
	iterasi	r.t	Profit	Berat	iterasi	r.t	Profit	Berat
3	130	531	10.364.000	497	550	530,2	10.364.000	497
5	63	493,4	10.364.000	497	522	497,3	10.364.000	497
7	61	479	10.364.000	497	1000	486,6	10.364.000	497

Tabel 4. Hasil perbandingan parameter dengan populasi 31

	MBO				PeSOA			
	iterasi	r.t	Profit	Berat	iterasi	r.t	Profit	Berat
3	94	391,3	10.364.000	497	486	391,8	10.364.000	497
5	62	461,7	10.364.000	497	585	468	10.364.000	497
7	54	475	10.364.000	497	601	487,6	10.364.000	497

Tabel 5. Hasil perbandingan parameter dengan populasi 41

	MBO				PeSOA			
	iterasi	r.t	Profit	Berat	iterasi	r.t	Profit	Berat
3	68	707,1	10.364.000	497	373	708,8	10.364.000	497
5	49	500,1	10.364.000	497	485	510	10.364.000	497
7	44	515	10.364.000	497	534	532,9	10.364.000	497

Pembahasan

Hasil perbandingan antara algoritma *Penguins Search Optimization* (PeSOA) dengan algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) pada permasalahan *knapsack* 0-1 menunjukkan bahwa kedua algoritma menghasilkan solusi yang sama-sama optimal karena karena dari 10 kali running program disetiap parameter menghasilkan nilai yang sama. Profit dan berat barang yang diangkut menunjukkan hasil yaitu dengan profit sebesar Rp 10.364.000 dengan total berat barang yang diangkut sebanyak 497 kg. Berdasarkan hasil penelitian, diawal iterasi algoritma PeSOA lebih cepat menuju konvergen namun ketika mendekati solusi optimal algoritma PeSOA akan melambat ketika menuju solusi optimal hal tersebut dikarenakan perubahan nilai yang kecil pada solusi baru dengan solusi lama. Secara umum penggunaan parameter pada masing-masing algoritma memiliki pengaruh terhadap hasil (keuntungan maksimum)

Iterasi konvergen dan *running time* jika dilihat dari hasil rata-rata 10 kali *running* menunjukkan bahwa algoritma PeSOA dan algoritma MBO semakin besar jumlah populasi yang digunakan maka hasil yang didapat adalah lebih cepat konvergen tapi pada algoritma PeSOA membutuhkan iterasi yang lebih banyak dibanding dengan algoritma MBO. Hal ini terjadi karena representasi algoritma MBO langsung berupa biner sedangkan algoritma PeSOA berupa riil terlebih dahulu kemudian dikonversikan menjadi biner dan juga dimungkinkan hasil konversi posisi baru sama dengan posisi lama sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai nilai maksimum. Selain itu berdasarkan *running time* algoritma MBO membutuhkan waktu komputasi yang sedikit lebih cepat dibandingkan dengan algoritma PeSOA. Dengan demikian dapat dikatakan algoritma MBO lebih baik daripada algoritma PeSOA untuk menyelesaikan permasalahan *knapsack* 0-1.

4. Kesimpulan

Total keuntungan paling optimal yang didapatkan dari penyelesaian data UD.ALAM SUBUR menggunakan algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) dan algoritma *Penguins Search Optimization* (PeSOA) yaitu sama-sama sebesar Rp 10.364.000 dengan berat maksimal yang terangkut adalah 497 kg.

Algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) lebih baik daripada algoritma *Penguins Search Optimization* (PeSOA). Karena algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) memiliki iterasi yang lebih baik dan *running time* yang lebih baik namun tidak jauh berbeda dari algoritma *Penguins Search Optimization* (PeSOA) untuk memperoleh solusi yang optimal.

Daftar Pustaka

- [1] Dimiyati, T., Tjutju, dan Dimiyati, A. (2004). *Operations Research Model-model Pengambilan Keputusan*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- [2] Duman, E., Uysal, M. dan Alkaya, A. F. (2012). Migrating Birds Optimization: A New Metaheuristic Approach and Its Performance On Quadratic Assignment Problem. *Information Science*, 217:65–77.
- [3] Gheraibia dan Moussaoui, A. (2013). Penguins Search Optimization Algorithm (PeSOA). In *Recent Trends in Applied Artificial Intelligence*. Springer Berlin Heidelberg.
- [4] Pradana, R. (2018). Penerapan Algoritma Genetika dan Algoritma Migrating Bird Optimization (MBO). *Skripsi*. Jember: Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember.
- [5] Suyanto. (2010). *Algoritma Optimasi: Deterministik atau Probabilistik*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [6] Ulker, E., dan Tongur, V. (2017). Migrating Birds Optimization (MBO) Algorithm to Solve Knapsack Problem. *Procedia Computer Science*, 111: 71-76.