Naratif(Jurnal Ilmiah Nasional Riset Aplikasi dan Teknik Informatika)
Vol. 01 No. 02 Desember 2019
P-ISSN: 2656-7377 || E-ISSN: 2714-8467

TEORI PERMAINAN MENGGUNAKAN ALGORITMA KUNANG-KUNANG

Diyah Wijayati
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Tinggi Teknologi Bandung
Jln. Soekarno Hatta No. 378 Kb. Lega, Kec. Bojongloa Kidul, Kota Bandung, Jawa Barat 40295
diyahwijayati@gmail.com

Abstrak

Teori permainan merupakan suatu model matematika yang digunakan dalam situasi konflik atau persaingan antara berbagai kepentingan yang saling berhadapan sebagai pesaing. Model untuk menyelesaikan permainan strategi campuran adalah masalah pemrograman linier. Dalam penelitian sebelumnya untuk menyelesaikan masalah pemrograman linier digunakan kombinasi metode simpleks dan metode pivot dan metode aljabar matriks. Tujuan penelitian ini mencari solusi optimal dari masalah pemrograman linier menggunakan pendekatan numerik yaitu metode metaheuristik algoritma kunang-kunang pada Matlab. Dari simulasi numerik, solusi optimal yang diperoleh cenderung berbeda-beda hal ini disebabkan karena hampir seluruh proses dalam algoritma kunang-kunang menggunakan bilangan acak yang sangat berpengaruh.

Kata kunci :
Teori permainan, Minimum, Maksimum, Algoritma, Optimal

Abstract

Game theory is a mathematics model used in situations of conflict or competition between various interests facing each other as competitors. The model for solving mixed strategy game is a linear programming problem. In previous studies to solve linear programming problems used the combination between simplex method and pivot and matrix aljabar method. The aim of this research is to find optimal solution linear programming problems using metahuristic method firefly algorithm at Matlab. From numerical simulation, optimal solution is obtained tend to be different, this is because almost all the processes in the firefly algorithm use random numbers that are very influential.

Keywords :
Game theory, Minimum, Maximum, Algorithm, Optimal

I. PENDAHULUAN

Teori permainan adalah suatu pendekatan matematis untuk merumuskan situasi persaingan dan konflik antar berbagai kepentingan. Pembahasan pertama tentang teori permainan ditulis oleh *James Waldegrave* dalam suratnya pada tahun 1713. Lalu seorang ahli matematika Perancis bernama *Emile Borel* pada tahun 1921 membuktikan teorema minimaks untuk matriks permainan dua orang dengan jumlah nol dan matriksnya berbentuk simetris. Namun yang paling terkenal adalah teori permainan modern yang dimulai dengan ide tentang strategi campuran oleh *John von Neumann*.

Teori permainan digunakan untuk mencari strategi terbaik dalam suatu aktivitas, dimana setiap pemain di dalamnya sama-sama mencapai utilitas tertinggi. Keuntungan bagi yang satu merupakan kerugian bagi yang lain, maka dari itu digunakan asumsi bahwa setiap pemain mampu mengambil keputusan secara bebas dan rasional. Tujuan dari penggunaan teori permainan ini adalah mengidentifikasikan strategi yang optimal untuk setiap pemain.

Penerapan-penerapan nyata yang paling sukses dari teori permainan banyak ditemukan dalam bidang militer. Tetapi dengan berkembangnya dunia usaha baik dibidang bisnis, pendidikan, perdagangan dan lain-lain yang semakin bersaing dan terbatasnya sumber daya, akan meningkatkan pentingnya penerapan-penerapan teori permainan.

Teori permainan mempunyai unsur-unsur dasar dalam menyelesaikan suatu persaingan, diantaranya adalah jumlah pemain, nilai perolehan/*payoff* , dan strategi permainan. Jumlah pemain disini berarti jumlah kelompok pemain berdasarkan masing-masing kepentingan atau lebih yang mempunyai kepentingan yang sama dapat diperhitungkan sebagai satu kelompok pemain. Nilai perolehan/*payoff* adalah hasil akhir yang terjadi pada akhir permainan berkenaan dengan ganjaran ini, permainan digolongkan menjadi dua macam kategori, yaitu permainan jumlah-nol (*zero-sum games*) dan permainan jumlah-bukan-nol (*non-zero-sum games*). Strategi permainan dalam teori permainan adalah suatu siasat atau rencana tertentu dari seorang pemain sebagai reaksi atas aksi yang mungkin dilakukan oleh pemain yang menjadi saingannya, permainan diklasifikasikan menurut jumlah strategi yang tersedia bagi masing-masing pemain. Jika pemain baris memiliki m kemungkinan strategi dan pemain kolom memiliki n kemungkinan strategi, maka permainan tersebut dinamakan permainan m x n. Strategi permainan ada dua macam yaitu permainan strategi murni (*pure strategy game*) dan permainan strategi campuran (*mixed strategy game*).

Setiap permainan yang dianalisis dengan teori permainan selalu dapat disajikan dalam bentuk sebuah matriks permainan. Angka-angka dalam matriks permainan menunjukkan hasil-hasil dari strategi-strategi permainan yang berbeda-beda. Hasil-hasil ini dinyatakan dalam ukuran efektifitas. Dalam permainan jumlah nol dua orang, bilangan-bilangan positif menunjukkan keuntungan bagi pemain baris dan kerugian bagi pemain kolom.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Teori permainan adalah model matematika bagi suatu situasi persaingan dimana penekanan dalam teori ini adalah pengambilan keputusan yang dilakukan oleh para pesaing dalam usahanya untuk menang sebesar mungkin (maksimasi kemenangan) atau kalah sekecil mungkin (minimasi kekalahan).

Tidak setiap keadaan persaingan dapat disebut sebagai permainan. Kriteria atau ciri-ciri dari suatu permainan adalah:

1. Terdapat persaingan kepentingan di antara pemain.
2. Setiap pemain mempunyai sejumlah pilihan, terbatas atau tidak terbatas yang disebut strategi.
3. Aturan permainan untuk mengatur strategi-strategi yang disebutkan satu-satu dan diketahui oleh semua pemain.
4. Hasil permainan dipengaruhi oleh strategi-strategi yang dibuat oleh semua pemain dan hasil untuk semua kombinasi strategi dari pemain diketahui dan didefinisikan secara numerik.

A. Kriteria Maksimin - Minimaks

Tujuan utama menyelesaikan suatu permainan ialah menentukan strategi optimal. Strategi optimal dapat ditentukan dengan menggunakan teori yang disebut teori minimaks yang pada prinsipnya mengatakan bahwa tiap pemain secara sepihak mencari tingkat keamanan yang maksimum bagi diri sendiri. Dalam memilih strategi optimal beberapa asumsi ditetapkan terlebih dahulu yaitu:

1. Setiap pemain memiliki kepintaran yang sama.
2. Tiap pemain mengetahui strategi lawan.
3. Tiap pemain mengetahui jumlah perolehan sendiri dan pemain lain.
4. Tiap pemain harus menentukan strategi.

Berdasarkan asumsi di atas, tiap pemain mengetahui bahwa pemain yang lain cukup rasional serta mempunyai tujuan yang sama yaitu memaksimumkan perolehan sendiri. Pemain baris memriksa tiap baris dari matriks permainan dan memilih perolehan minimum pada tiap baris. Kemudian ia memilih perolehan maksimum dari perolehan-perolehan minimum itu. Cara menentukan pilihan seperti ini disebut cara memilih yang terbaik dari antara yang terburuk. Cara ini juga disebut kriteria maksimum dari minimum, disingkat kriteria maksimin. Sebaliknya pemain kolom menyelesaikan permainan untuk menentukan strategi optimal dengan menggunakan kriteria yang disebut kriteria minimaks. Kriteria minimaks menetapkan bahwa pemain secara sepihak mencari tingkat keamanan yang maksimum bagi dirinya sendiri, yaitu dengan memilih derita terkecil dari sejumlah derita maksimum. Cara ini disebut memilih kriteria minimum dari maksimum atau disingkat kriteria minimaks.

Untuk matriks permainan *A*, misalkan pemain kolom memilih sebuah kolom strategi $q \in Y^*$ $\left(Y^* = \left\{q = (q_1, \ldots, q_n)^T : q_j > 0, \text{untuk } j = 1, \ldots, n \text{ dan } \sum_{j=1}^{n} q_j = 1\right\}\right)$ secara acak. Jika pemain baris memilih strategi ke-*I*, maka rata-rata perolehan untuk pemain baris adalah

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} q_j = (Aq)_i \qquad (1)$$

yaitu komponen ke-*I* dari vector *Aq*. Dengan cara serupa, jika pemain baris menggunakan strategi $p \in X^* (X^* = \{ p = (p_1, \ldots, p_m)^T : p_i \geq 0$, untuk $i = 1, \ldots, m$ dan $\sum_{i=1}^{m} p_i = 1\})$ dan pemain kolom memilih strategi kolom *j*, maka rata-rata perolehan pemain baris adalah

$$\sum_{i=1}^{m} p_i a_{ij} = (p^T A)_j \qquad (2)$$

yaitu komponen ke-*j* dari vektor $p^T A$. Secara umum, jika pemain baris menggunakan strategi $p \in X^*$ dan pemain kolom menggunakan strategi $q \in Y^*$, maka rata-rata perolehan pemain baris adalah

$$\sum_{i=1}^{m}\left(\sum_{j=1}^{n} a_{ij} q_j\right) p_i = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} p_i a_{ij} q_j = p^T A q \qquad (3)$$

Misalkan diketahui bahwa pemain kolom menggunakan strategi $\boldsymbol{q} \in \boldsymbol{Y}^*$. Maka pemain baris akan memilih strategi pada baris ke-*i* yang memaksimumkan persamaan (1) dengan kata lain, pemain baris akan memilih strategi $\boldsymbol{p} \in \boldsymbol{X}^*$ yang memaksimumkan persamaan (3). Sehingga rata-rata perolehan pemain baris menjadi:

$$\max_{1 \leq i \leq m} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} q_j = \max_{p \in X^*} p^T A q \qquad (4)$$

Dengan cara serupa misalkan diketahui pemain baris akan menggunakan strategi $\boldsymbol{p} \in \boldsymbol{X}^*$, kemudian pemain kolom memutuskan menggunakan strategi *j* yang meminimumkan persamaan (2) atau dengan kata lain strategi $\boldsymbol{q} \in \boldsymbol{Y}^*$ yang meminimumkan persamaan (3). Maka rata-rata perolehan pemain kolom menjadi**:**

$$\min_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^{m} p_i a_{ij} = \min_{q \in Y^*} p^T A q \qquad (5)$$

B. Metode Pemrograman Linier

Untuk matriks permainan yang mempunyai ordo *m* x *n* digunakan metode pemrograman linier. Setiap masalah pemrograman linier mempunyai hubungan dengan masalah pemrograman linier lainnya yang disebut DUAL-nya. Hubungan antara masalah dual dengan masalah aslinya (biasa disebut dengan primal) telah terbukti sangat berguna dalam banyak hal. Penyelesaian masalah primal secara otomatis akan menyelesaikan masalah dual, demikian pula sebaliknya.

Pemrograman linier ialah salah satu teknik dari riset operasi untuk memecahkan persoalan optimasi (maksimum atau minimum) dengan menggunakan persamaan atau pertidaksamaan linier dalam rangka untuk mencari pemecahan yang optimal dengan memperhatikan pembatasan-pembatasan yang ada.

Definisi lain dari pemrograman linier adalah metode matematis yang berbentuk linier untuk menentukan suatu penyelesaian optimal dengan cara memaksimumkan atau meminimumkan fungsi tujuan yang disebut fungsi objektif terhadap suatu susunan kendala yang berbentuk persamaan atau pertidaksamaan linier.

Bentuk umum dari pemrograman linier adalah sebagai berikut:
Mencari nilai $x_1, \dots, x_n$ yang memaksimumkan fungsi tujuan z
Maksimum $\quad z = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_jx_j$
Terhadap kendala-kendala

$$\begin{matrix} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1j}x_j \le b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2j}x_j \le b_2 \\ \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\ a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \cdots + a_{ij}x_j \le b_i \end{matrix}$$

dan

$$x_j \ge 0 \text{ untuk } j = 1, \dots, n$$

Perhatikan masalah permainan dari pemain baris. Pemain baris memilih strategi $p_1, \dots, p_m$ untuk memaksimumkan (5) terhadap kendala $p \in X^*$. Model matematikanya sebagai berikut: menentukan $p_1, \dots, p_m$ untuk

Memaksimumkan $\quad \min_{1 \le j \le n} \sum_{i=1}^{m} p_i a_{ij}$

Terhadap kendala

$$p_1 + \cdots + p_m = 1$$

dan

$$p_i \ge 0 \text{ untuk } i = 1, \dots, m$$

Meskipun fungsi kendala merupakan fungsi linier tetapi fungsi tujuan bukan fungsi linier karena mengandung operator min, jadi model matematika ini bukan pemrograman linier. Untuk mengubahnya menjadi pemrograman linier ditambah suatu variabel baru yaitu v untuk pemain baris. Sehingga model menjadi sebagai berikut:

Menentukan v dan $p_1, \dots, p_m$ untuk

Memaksimumkan $\quad v$

Terhadap kendala-kendala

$$\begin{matrix} \sum_{i=1}^{m} p_i a_{i1} \ge v \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^{m} p_i a_{in} \ge v \\ p_1 + \cdots + p_m = 1 \end{matrix}$$

dan

$$p_i \ge 0 \text{ untuk } i = 1, \dots, m$$

Dengan cara yang serupa untuk pemain kolom. Masalah pemain kolom adalah menentukan w dan $q_1, \dots, q_n$ untuk

Meminimumkan $\quad w$

Terhadap kendala-kendala

$$\begin{matrix} \sum_{j=1}^{n} a_{1j} q_j \le w \\ \vdots \\ \sum_{j=1}^{n} a_{mj} q_j \le w \\ q_1 + \cdots + q_n = 1 \end{matrix}$$

dan

$$q_j \ge 0 \text{ untuk } j = 1, \dots, n$$

Asumsi bahwa $v > 0$ dan $x_i = p_i/v$, kendala $p_1 + \cdots + p_m = 1$ menjadi $x_1 + \cdots + x_m = 1/v$. Meaksimumkan v sama dengan meminimumkan $1/v$. Sehingga kita dapat rumuskan kembali masalah untuk pemain baris dengan meminimumkan $x_1 + \cdots + x_m$. Sehingga model program linier untuk pemain baris sebagai berikut:

Meminimumkan $\quad z = x_1 + \cdots + x_m$

Terhadap kendala-kendala

$$\begin{matrix} \sum_{i=1}^{m} x_i a_{i1} \ge 1 \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^{m} x_i a_{in} \ge 1 \end{matrix}$$

dan

$$x_i \ge 0 \quad \text{untuk } i = 1, \dots, m.$$

Dengan menyelesaikan masalah program linier ini, solusi dari permainan dapat dicari dengan mudah. Nilai permainan adalah $v = 1/(x_1 + \cdots + x_m)$ dan strategi optimal untuk pemain baris adalah $p_i = vx_i$ untuk $i = 1, \dots, m$.

Sedang model program linier untuk pemain kolom dengan asumsi $w > 0$ dan $y_j = q_j/w$

Memaksimumkan $\quad y_1 + \cdots + y_n$

Terhadap kendala-kendala

$$\sum_{j=1}^{n} a_{1j} y_j \leq 1$$
$$\vdots$$
$$\sum_{j=1}^{n} a_{mj} y_j \leq 1$$

dan

$$y_j \geq 0 \text{ untuk } j = 1, \ldots, n.$$

C. Algoritma Kunang-Kunang

Algoritma kunang-kunang atau firefly algorithm (FA) adalah algoritma metaheuristik yang terinspirasi dari perilaku kedip cahaya kunang-kunang. Terdapat dua fungsi dasar kedip cahaya tersebut, yaitu untuk menarik perhatian kunang-kunang yang lain (komunikasi) dan untuk menarik mangsa.

Algoritma ini dikembangkan oleh *Xin-She Yang* pada tahun 2007, yang menggunakan tiga peraturan sebagai berikut:

1. Semua kunang-kunang berjenis kelamin satu sehingga seekor kunang-kunang akan tertarik dengan kunang-kunang lain tanpa memperdulikan jenis kelaminya.
2. Daya Tarik berbanding lurus dengan tingkat kecerahan cahaya kedip kunang-kunang. Oleh karena itu kunang-kunang dengan tingkat kecerahan lebih rendah akan tertarik dan bergerak ke kunang-kunang dengan tingkat kecerahan lebih tinggi. Kecerahan akan berkurang seiring dengan bertambahnya jarak dan adanya penyerapan cahaya akibat factor udara. Jika tidak ada yang paling terang dari populasi tersebut, semua kunang-kunang akan bergerak acak.
3. Kecerahan atau intensitas cahaya dari seekor kunang-kunang dipengaruhi atau ditentukan oleh nilai fungsi tujuan dari masalah yang diberikan.

Algoritma kunang-kunang mempunyai tiga konsep utama yaitu : intensitas cahaya dan keatraktifan, jarak, dan pergerakkan.

Perilaku kunang-kunang tersebut dapat dirancang sebagai algoritma kunang-kunang yaitu:

1. Inisialisasi populasi kunang-kunang x^i, i = 1, 2,…, maxpop dan hitung nilai fitness $f(x^i)$, i = 1, 2, …, maxpop.
2. Tentukan kunang-kunang terbaik dalam populasi beserta posisinya

$$i^{min} \leftarrow argmin(f(x^i), i = 1, 2, \ldots, maxpop)$$
$$x^{i^{min}} \leftarrow argmin(f(x^i), i = 1, 2, \ldots, maxpop)$$

3. Lakukan iterasi berikut

for i = 1 : maxpop

for j = 1 : maxpop

if $\left(f(x^j) < f(x^i)\right)$

a. Hitung jarak antara kunang-kunang i dan kunang-kunang j

$$r_{ij} = \|x^i - x^j\| = \sqrt{\sum_{t=1}^{T}\left(x_t^i - x_t^j\right)^2}$$

b. Hitung fungsi daya tarik (*attractiveness*) kunang-kunang

$$\beta \leftarrow \beta_0 e^{-\gamma r_{ij}^2}$$

c. Tentukan $u_i = \alpha\left(rand - \frac{1}{2}\right)$ dengan $rand$ ~ U(0,1)

d. Update perpindahan kunang-kunang i

$$x^i \leftarrow (1-\beta)x^i + \beta x^j + u_i$$

end

end

end

a. Tentukan $u_{i_{min}} = \alpha\left(rand - \frac{1}{2}\right)$ dengan $rand$ ~ U(0,1)

b. Update perpindahan kunang-kunang terbaik

$$x^{i^{min}} \leftarrow x^{i^{min}} + u_{i_{min}}$$

4. Ulangi langkah 3 sampai aturan pemberhentian tercapai.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Andaikan matriks permainan yang akan diuji adalah :

$$A = \begin{pmatrix} 1{,}94 & 0{,}59 & 0{,}97 \\ 0{,}64 & 0{,}81 & 0{,}79 \\ 1{,}08 & 0{,}85 & 0{,}69 \\ 0{,}90 & 0{,}67 & 1{,}05 \end{pmatrix}$$

Dengan menggunakan kombinasi metode simpleks dan metode pivot di Microsoft Excel didapat hasil untuk pemain kolom adalah Y1 nilai optimal yang diperoleh 0,020990, Y2 nilai optimal yang diperoleh 0,811897 dan Y3 nilai optimal yang diperoleh 0,416340 dengan nilai optimum persamaannya adalah 1,249220.

Pengujian menentukan strategi optimal bagi pemain kolom dilakukan dua scenario. Skenario pertama, pengujian dilakukan melalui tiga tahap pengujian yaitu pertama terhadap nilai *alpha*, kedua pengujian terhadap nilai *gamma*, dan ketiga terhadap nilai *basebeta*. Adapun jumlah populasi kunang-kunang yang digunakan dalam setiap pengujian 15 dan iterasi 100. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel I, tabel II,dan tabel III. Skenario kedua pengujian dilakukan melalui dua tahap pengujian, pertama terhadap nilai *alpha* dengan jumlah populasi kunang-kunang 20, dan kedua pengujian terhadap jumlah populasi kunang-kunang (m), dengan untuk masing-masing pengujian scenario kedua menggunakan parameter *basebeta* sama dengan satu , parameter *gamma* sama dengan 1, dan jumlah iterasi 100. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel IV dan tabel V

TABEL I

PENGUJIAN DENGAN MENGUBAH NILAI *ALPHA*

β_0	γ	α	(Y1, Y2, Y3)	Nilai optimum
1	1	0,013	(0.1295, 0.7398, 0.3868)	1.2561
1	1	0,0138	(0.2022, 0.8230, 0.2181)	1.2432
1	1	0,014	(0.0912, 0.6424, 0.5149)	1.2484
1	1	0,01192	(0.1269, 0.7321, 0.3758)	1.2348
1	1	0,011921	(0.0215, 0.6607, 0.5730)	1.2552

Dari pengujian terhadap parameter *alpha* di atas dengan *basebeta* = 1 dan *gamma* = 1 didapat nilai parameter *alpha* terbaik yakni 0,014 dengan nilai optimum 1,2484 mendekati nilai optimum yang dicari menggunakan metode sebelumnya, selisihnya 0,000820. Maka nilai *alpha* ini akan digunakan untuk pengujian selanjutnya.

TABEL II

PENGUJIAN DENGAN MENGUBAH NILAI *GAMMA*

β_0	γ	α	(Y1, Y2, Y3)	Nilai optimum
1	2	0,014	(0.0677, 0.3453, 0.7754)	1.1884
1	2.7	0,014	(0.0180, 0.6258, 0.5583)	1.2021
1	2.9	0,014	(0.2454, 0.6335, 0.3317)	1.2106
1	2.91	0,014	(0.1135, 0.5861, 0.5273)	1.2268
1	2.912	0,014	(0.0305, 0.7865, 0.4201)	1.2372

Dari pengujian terhadap parameter *gamma* di atas didapatkan nilai parameter *gamma* yang terbaik yaitu 2,912 dengan menghasilkan nilai optimum yaitu 1,2372. Maka nilai *gamma* ini akan digunakan untuk pengujian terhadap *basebeta*..

TABEL III

PENGUJIAN DENGAN MENGUBAH NILAI *BASEBETA*

β_0	γ	α	(Y1, Y2, Y3)	Nilai optimum
0.5	2.912	0,014	(0.1111, 0.4200, 0.6678)	1.1988
0.7	2.912	0,014	(0.0030, 0.6345, 0.5784)	1.2159
0.72	2.912	0,014	(0.1057, 0.8065, 0.3199)	1.2320
0.722	2.912	0,014	(0.0470, 0.6329, 0.5588)	1.2387
0.723	2.912	0,014	(0.0633, 0.6282, 0.5501)	1.2416

Dari pengujian parameter *basebeta* di atas didapatkan nilai parameter *basebeta* yang terbaik yaitu 0,723 dengan menghasilkan nilai optimum yaitu 1,2416.

TABEL IV

PENGUJIAN DENGAN MENGUBAH NILAI *ALPHA* (M=20)

m	α	Y = (Y1, Y2, Y3)	Nilai optimum
20	0,14	(0,1474, 0,5774, 0,5384)	1,2633
20	0,143	(0,0503, 0,4859, 0,7172)	1,2533
20	0,1438	(0,1587, 0,4713, 0,6115)	1,2415
20	0,144	(0,0218, 0,4197, 0,7951)	1,2367
20	0,1442	(0,1642, 0,5048, 0,4967)	1,1657

Dari pengujian parameter *alpha* di atas dengan jumlah kunang-kunang sama dengan 20, parameter *basebeta* sama dengan 1, dan parameter *gamma* sama dengan 1, didapat nilai parameter *alpha* terbaik yakni 0,1438 dengan nilai optimum 1,2415 mendekati nilai optimum yang dicari menggunakan kombinasi metode simpleks dan metode pivot, selisihnya sebesar 0,007720. Maka nilai *alpha* ini akan digunakan untuk pengujian selanjutnya.

TABEL V

PENGUJIAN DENGAN MENGUBAH JUMLAH KUNANG-KUNANG

m	α	Y = (Y1, Y2, Y3)	Nilai optimum
21	0,1438	(0,3186, 0,7084, 0,2220)	1,2490
22	0,1438	(0,2625, 0,7837, 0,1946)	1,2409
23	0,1438	(0,0300, 0,8819, 0,3298)	1,2416
24	0,1438	(0,0241, 0,7390, 0,4804)	1,2435
25	0,1438	(0,3086, 0,7830, 0,1581)	1,2498

Dari pengujian jumlah kunang-kunang di atas didapatkan jumlah kunang-kunang yang terbaik yaitu 21 jika dilihat dari nilai optimum, sedang jika dilihat dari nilai kaandidat solusi maka jumlah kunang-kunang yang terbaik yaitu 24.

Dari hasil pengujian di atas memperlihatkan nilai kandidat solusi dan nilai optimum yang berbeda-beda setiap algoritma ini dijalankan. Permasalahan ini disebabkan hampir seluruh proses dalam algoritma kunang-kunang mengandalkan teknik acak.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan menggunakan algoritma kunang-kunang solusi yang diperoleh cenderung berbeda-beda setiap kali algoritma dijalankan, hal ini disebabkan karena hampir seluruh proses dalam algoritma kunang-kunang menggunakan bilangan acak yang sangat berpengaruh dalam mencapai solusi optimal.

Dalam penelitian selanjutnya penulis menyarankan untuk menggunakan metode optimasi yang lain dalam menyelesaikan teori permainan misalnya metode optimasi menggunakan algoritma semut, algoritma koloni lebah dan lain-lain. Selain itu algoritma kunang-kunang dapat dimodifikasi sesuai dengan permasalahan optimasi yang ada.

REFERENSI

[1] T.S. Ferguson,*Game Theory*, edisi kedua bagian II, 2014
[2] T.S. Ferguson, *Linear Progamming*, a Concise Introduction, 1 – 66, 2011
[3] X. S. Yang, *Nature-Inspired Optimization Algorithms*, edisi pertama, 187 – 188, 2014
[4] K. Candra dan S. Singh, *Firefly Algorithm to Solve Two Dimensional Bin Packing Problem*, International Journal of Computer Science and Information Technologies, vol. 5(4), 5368 – 5373, 2014.
[5] D. Rohmalia dan A. M. Rohmah, *Optimisasi Perencanaan Produksi Pupuk Menggunakan Firefly Algorithm*, Jurnal Matematika "Mantik", vol. 04 no. 1, 2018.