Implementasi *Game Theory* Pada Simulasi Dan Perancangan Software Berbasis Matriks *Pay-Off* Dengan Metode *Non-Zero Sum Game*

Ghani Mutaqin^{1,*}, Fany Parama Admaja², Ainatul Mardhiyah³

Jurusan Teknik Informatika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Indonesia

¹ghanimutaqin85@gmail.com; ²admaja404@gmail.com; ³ainadimana@gmail.com;

* corresponding author

ARTIKEL INFO

Sejarah Artikel

Diterima: 12 Mei 2020

Direvisi: 23 Juni 2021

Diterbitkan: 30 Agustus 2021

Kata Kunci

Game Theory

Matriks

pay-off

Non-Zero Sum

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang suatu aplikasi yang berguna untuk perumusan situasi pengambilan keputusan menggunakan *game-theory*. *Game-theory* sendiri merupakan suatu metode yang berguna untuk melakukan analisis proses pengambilan keputusan antara pemain yang saling bersaing satu sama lain. Setiap pemain memiliki suatu tujuan, yaitu untuk memperoleh keuntungan semaksimal mungkin dan kerugian seminimal mungkin. Untuk dapat mencapai tujuannya, setiap pemain harus cerdas dan memiliki suatu strategi. Strategi digunakan oleh setiap pemain sebagai aksi dan reaksi terhadap lawan mainnya. Karena itu, pengambilan keputusan strategi yang tepat bisa mempengaruhi hasil permainan tersebut. Strategi yang digunakan oleh setiap pemain direpresentasikan dengan menggunakan matriks *pay-off* yang mana memiliki nilai pada setiap baris dan kolomnya. Pengambilan keputusan ini didasarkan pada dua kriteria, yaitu *minimax* dan *maximin*. Nilai dari matriks *pay-off* sendiri nantinya akan diinputkan langsung oleh *user*. Aplikasi tersebut nantinya akan *generate* inputan lalu melakukan perbandingan sehingga didapatkan nilai *minimax* dan *maximin*. Dengan aplikasi ini, pemain dapat lebih mudah dan cepat dalam pemilihan keputusan yang akan diambil. Penelitian ini bisa dibilang sukses karena menghasilkan nilai yang akurat. Akan tetapi, kekurangan dari aplikasi ini yaitu proses perhitungan hanya dapat dilakukan apabila matriks *payoff* memiliki ordo dengan jumlah kelipatan yang sama.

PENDAHULUAN

Dalam sebuah bisnis, keuntungan merupakan suatu hal yang sangat krusial. Karena keuntungan memberikan dampak dalam berlangsungnya sebuah industri. Kerugian juga hal yang harus diperhatikan agar bisa ditekan seminimal mungkin [1]. Dalam teori permainan, keuntungan akan dicari sebesar mungkin, sedangkan kerugian akan ditekan dengan sekecil-kecilnya [1]. Dalam penerapannya, terdapat dua macam metode pada teori permainan. Yaitu *Zero Sum Game* dan *Non-Zero Sum Game*. Teori *Zero Sum Game* adalah teori dimana keuntungan setara dengan kerugian, sehingga perubahan yang terjadi adalah nol. Teori permainan *non-zero sum game* dilakukan untuk melihat pada kemungkinan terbaik dan terburuk dari strategi yang digunakan dalam pengambilan keputusan [2].

Strategi yang optimal untuk dipertimbangkan ialah dengan melihat nilai *pay-off* [3]. Nilai dari matriks *pay-off* adalah nilai yang diharapkan terjadi dari strategi yang digunakan.

Dimana hal ini dimaksudkan untuk mendapat keuntungan maksimal dan kerugian minimal dalam permainan [4].

Penelitian yang pernah dilakukan dalam penerapan matriks *pay-off* adalah pada konsep *game theory* pada pengambilan keputusan dalam pemilihan kepala daerah Jawa Barat 2013 [5]. Penelitian tersebut menggunakan metode *non-zero sum game* dengan hasil dari survei pada masa kampanye. Hasil yang ditunjukkan penelitian tersebut ialah *game theory*, masing-masing pasangan calon disarankan agar melakukan strategi tertentu untuk melakukan penjarangan secara optimal pada suara yang dibutuhkan.

Maka dari itu, penulis mencoba membuat rancangan *software* dengan mengimplementasikan konsep dari teori permainan dengan metode *non-zero sum game* pada matriks *pay-off*.

METODE

Non-Zero Sum Game

Metode menggambarkan situasi di mana keuntungan dan kerugian agregat pihak-pihak yang berinteraksi bisa lebih kecil dari atau lebih dari nol. *Zero-sum game* juga disebut sebagai permainan yang sangat kompetitif, sedangkan permainan yang bukan merupakan *zero-sum* bisa bersifat kompetitif atau non-kompetitif. Game zero-sum paling sering diselesaikan dengan teorema minimax yang terkait erat dengan dualitas pemrograman linier.

Dalam perancangan *software* ini, kami merancang dan mengembangkan metode *non-zero sum game* pada matriks *pay-off* dengan *editor* Netbeans 8.2 menggunakan bahasa java. Dalam pengembangannya, kami memasukkan variable-variabel yang dibutuhkan agar nilai matriks yang diinginkan sesuai dengan konsep nilai tidak sama dengan nol. Variable-variabel yang kami deklarasikan dalam perancangan *software* ini antara lain ialah baris, kolom, nilai maksimin, nilai minimax, dan *pay-off*. Konsep pada perancangan *software* ini digambarkan pada flowchart pada Gambar 1.

Gambar 1. Proses perancangan software dengan metode *non-zero sum game*

Matriks Pay-Off

Pada konsep *Game Theory*, dari setiap strategi yang digunakan, setiap pemain akan mendapatkan keuntungan dan kerugian. Keuntungan atau kerugian yang didapatkan bisa ditentukan dengan melihat nilai *pay-off* dari strategi masing-masing pemain. *Pay-off* dalam suatu permainan menyatakan ukuran seberapa bagus pemain dalam melakukan suatu permainan[6][7].

Nilai dari *pay-off* tersebut, terdapat pada matriks yang disebut matriks *pay-off*. Dalam perancangan *software* ini, kami menggunakan konsep *non-zero sum* sehingga didapatkan bentuk umum dari matriks *pay-off* yang kami gunakan. Bentuk umum dari matriks yang digunakan[3] bisa dilihat pada Gambar 2.

$$\begin{array}{c}
 A_1 \\
 B_1 \\
 \vdots \\
 B_j \\
 \\
 A_i \\
 B_1 \\
 \vdots \\
 B_n
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 C_1 \quad \dots \quad C_k \\
 \left[\begin{array}{ccc}
 (a_{111}, b_{111}, c_{111}) & \dots & (a_{11k}, b_{11k}, c_{11k}) \\
 \vdots & \ddots & \vdots \\
 (a_{1j1}, b_{1j1}, c_{1j1}) & \dots & (a_{1jk}, b_{1jk}, c_{1jk}) \\
 \vdots & & \\
 (a_{i11}, b_{i11}, c_{i11}) & \dots & (a_{i1k}, b_{i1k}, c_{i1k}) \\
 \vdots & \ddots & \vdots \\
 (a_{ij1}, b_{ij1}, c_{ij1}) & \dots & (a_{ijk}, b_{ijk}, c_{ijl})
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

Gambar 2. Bentuk Matriks pada metode *Non-zero Game*

Pada matriks tersebut, interpretasi dari a_{ijk} adalah bagi pemain dalam menggunakan nilai *pay-off*. Sehingga didapatkan rumus yang dapat menentukan nilai *pay-off* pada sebuah permainan. Rumus tersebut dapat dilihat bisa Gambar 3.

$$a_{ijk} = A_i - \text{maks}(B_j, C_k) \quad (1.1)$$

$$b_{ijk} = B_j - \text{maks}(A_i, C_k) \quad (1.2)$$

$$c_{ijk} = C_k - \text{maks}(A_i, B_j) \quad (1.3)$$

Gambar 3. Rumus untuk menentukan nilai *pay-off* pada matriks

Pada penerapan *Game Theory*, menentukan nilai optimal dapat dilakukan dengan metode *Ekulibrium Nash*. *Ekulibrium Nash* ialah kombinasi dari strategi yang digunakan dengan keadaan dimana satu pemain menggunakan cara yang dilakukan pemain lain sehingga semua pemain menggunakan metode *ekulibrium*[8].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penghitungan Optimal Pada Matriks Pay-Off

Dari hasil penelitian dan perancangan yang kami lakukan, kami menyimpulkan bahwa dalam implementasi dari metode *non-zero sum game* ada beberapa sifat yang harus terpenuhi yaitu :

1. Jumlah pemain terbatas, dimana hal tersebut diwakilkan oleh jumlah baris dan kolom matriks.
2. Kemungkinan yang dimiliki oleh setiap pemain adalah terbatas.
3. Aturan permainan untuk mengukur berbagai kemungkinan dalam permainan.
4. Hasil dari semua kombinasi yang bisa dilakukan adalah bernilai positif atau negative.

Kami memberikan contoh dengan memasukkan beberapa bilangan sebagai nilai dari matriks tersebut. Contoh dari penerapan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Matriks dengan ordo 3x3

	PEMAIN B		
PEMAIN A	3	5	1
	2	1	4
	8	6	4

Pada tabel matriks tersebut, kami memberikan contoh dengan matriks ber-ordo 3x3. Menggunakan langkah penyelesaian sebagai berikut:

1. Untuk pemain A, memilih nilai yang paling kecil sehingga akan didapat hasil yang dapat dilihat pada Gambar 4.

$$\text{Baris 1} = 3$$

$$\text{Baris 2} = 1$$

$$\text{Baris 3} = 4$$

Gambar 4. Nilai minimal pada setiap baris (pemain A)

Nilai maksimum nya adalah 4, sehingga 4 merupakan nilai maksimin. Nilai maksimin merupakan nilai keuntungan.

2. Untuk pemain kolom (Pemain B), pilih nilai yang paling besar. Maka didapat hasil yang bisa dilihat pada Gambar 5.

$$\text{Kolom 1} = 8$$

$$\text{Kolom 2} = 6$$

$$\text{Kolom 3} = 4$$

Gambar 5. Nilai maksimal pada setiap kolom (pemain B)

Nilai minimumnya adalah 4. Jadi minimaksnya adalah 4. Nilai minimaks merupakan nilai kerugian.

3. Karena nilai maksimin sama dengan minimaks, maka terdapat saddle point, yaitu 4. Dengan hasil tersebut, nilai permainan ini dikatakan optimal.

Memodelkan Matriks Pada Source Code Software

Pada kode program menggunakan bahasa *Java* yang kami rancang, kami memberikan beberapa *method* untuk menghitung dan melihat apakah nilai-nilai yang dimasukkan memenuhi syarat atau tidak untuk mendapatkan *saddle point*, dimana *saddle point* merupakan nilai optimal. *Method-method* yang kami gunakan dalam melakukan penghitungan matriks bisa dilihat pada Tabel 2, 3, 4, 5, 6, dan 7.

Tabel 2. Method untuk memasukkan nilai matriks

```

public void insertmetrik(int baris, int kolom){
    payoff = new int [baris][kolom];
    String tampil= "";
    for (int i = 0; i < baris; i++) {
        for (int j = 0; j < kolom; j++) {

payoff[i][j]=Integer.parseInt(JOptionPane.showInputDialog("Masukkan nilai baris
ke "+(i+1)+" kolom ke "+(j+1)+" : "));
            tampil+="Nilai baris ke "+(i+1)+" kolom ke "+(j+1)+" :
"+payoff[i][j]+"\\t";

        }
        tampil+="\\n";
        txinput.setText(tampil);
    }
};

```

Tabel 3. Method untuk menentukan batas jumlah kolom

```

public void totalkolom(int baris, int kolom){
    kolomx=new int[kolom];
    String hasil="";
    for (int i = 0; i < kolom; i++) {
        int terbesar=payoff[0][i];
        for (int j = 0; j < baris; j++) {
            if(terbesar<payoff[j][i]){
                terbesar=payoff[j][i];
            }else if(terbesar>payoff[j][i] && terbesar==payoff[j][i]){
                terbesar=terbesar;
            }
        }
        kolomx[i]=terbesar;
    }
};

```

Tabel 4. Method untuk menentukan batas jumlah baris

```

public void totalbaris(int baris, int kolom){
    barisx=new int[baris];
    String hasil = "";
    for (int i = 0; i < baris; i++) {
        int terkecil = payoff[i][0];

        for (int j = 0; j < kolom; j++) {

            if(terkecil>payoff[i][j]){
                terkecil=payoff[i][j];
            }else if(terkecil<payoff[i][j] && terkecil==payoff[i][j]){
                terkecil=terkecil;
            }
        }
        barisx[i]=terkecil;
    }
};

```

Tabel 5. Method untuk mencari nilai maksimin dan minimaks

```

public void cariminimax(int kolom) {
    int min=kolomx[0];
    for (int i = 0; i < kolom; i++) {
        if(min>kolomx[i]) {
            min=kolomx[i];
        }else{
            min=min;
        }
    }
    nilaiiminimax=min;
    minimax.setText(""+nilaiiminimax);
};

public void carimaximin(int baris){
    int max=barisx[0];
    for (int i = 0; i < baris; i++) {
        if(max<barisx[i]) {
            max=barisx[i];
        }else{
            max=max;
        }
    }
    nilaiimaximin=max;
    maximin.setText(""+nilaiimaximin);
};

```

Tabel 6. Method untuk menentukan apakah terdapat *saddle-point* atau tidak

```

public void carisaddle() {

    if(nilaimaximin==nilaiiminimax) {
        saddleP.setText(""+nilaimaximin);
        JOptionPane.showMessageDialog(reset,"Saddle point-nya adalah "+nilaimaximin);
    }else{
        JOptionPane.showMessageDialog(reset,"Saddle point-nya tidak ketemu ");
    }
};

```

Dari *method-method* yang telah diberikan tersebut, maka kami menguji coba dengan bilangan yang sama pada matriks yang kami hitung secara manual. Hasilnya adalah bilangan yang keluar pada *software* ini, sama dengan hasil yang dihitung secara manual. Hasil dari penghitungan menggunakan *software* yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 11.

Gambar 6. Hasil penghitungan nilai optimal menggunakan *software* yang dibuat

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses pengambilan keputusan menggunakan metode *game theory* dapat diimplementasikan ke dalam aplikasi dengan menggunakan algoritma matematika. Sehingga proses dalam pengambilan keputusan menjadi lebih cepat dan mendapat hasil akurat. Nilai yang diinputkan oleh *user* sangat berpengaruh terhadap nilai yang dihasilkan. Apabila nilai *minimax* dan *maximin* memiliki nilai yang sama, maka akan didapatkan *saddle point*. Semakin sedikit jumlah baris dan kolom maka akan semakin cepat proses perhitungannya. Akan tetapi, kekurangan dari aplikasi ini yaitu proses perhitungan hanya dapat dilakukan apabila matriks *payoff* memiliki ordo dengan jumlah kelipatan yang sama.

REFERENSI

- [1] S. Rathnasiri, P. Ray, S. M. N. Islam, and C. A. Vega-Mejía, "E-commerce Supply Chain Cost Optimization with Incentive Compatibility Constraints," *2019 IEEE Int. Conf. Serv. Oper. Logist. Informatics*, pp. 253–257, 2019, doi: 10.1109/SOLI48380.2019.8955039.
- [2] X. Li and Q. Zhao, "Study on Cooperation Strategies between Supply Chain Enterprises Based on Evolutionary Game Theory," *2018 15th Int. Conf. Serv. Syst. Serv. Manag. ICSSSM 2018*, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/ICSSSM.2018.8465031.
- [3] A. SAIFUDDIN, N. K. T. TASTRAWATI, and K. SARI, "PENERAPAN KONSEP TEORI PERMAINAN (GAME THEORY) DALAM PEMILIHAN STRATEGI KAMPANYE POLITIK (Studi Kasus : Strategi Pemenangan Pemilu DKI Jakarta Tahun 2017)," *E-Jurnal Mat.*, vol. 7, no. 2, p. 173, 2018, doi: 10.24843/mtk.2018.v07.i02.p200.
- [4] F. Juliyanto and Evi Yuliyawati Sari, "Analisis persaingan perbankan dengan," vol. 5, no. 1, pp. 54–62, 2018.
- [5] K. Mustaqim, "Kiki Mustaqim, 2013 Aplikasi Konsep Teori Permainan Dalam Pengambilan Keputusan Politik Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu," pp. 17–62, 2013.
- [6] M. J. Dema, "a Non-Zero Sum Game : How Game Theory Can Inform Better Transboundary Water Rights Treaty Drafting," *Eur. Sci. J.*, vol. 2, no. September, pp. 126–142, 2014.
- [7] C. T. Leondes and R. K. Nandi, "An application of non-zero-sum games to competitive decision making," *Int. J. Syst. Sci.*, vol. 8, no. 9, pp. 1009–1020, 1977, doi: 10.1080/00207727708942098.
- [8] "ANALISIS TEORI PERMAINAN DAN EKUILIBRIUM NASH PADA SIMULASI LELANG (AUCTION) PASAR LISTRIK HENNY IKA SEPTYANI NIM : 23205047 Program Studi Teknik Tenaga Listrik INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG ANALISIS TEORI PERMAINAN DAN EKUILIBRIUM NASH PADA SIMULASI LELANG (AUCTION) PASAR LISTRIK," 2007.