

# Penerapan Metode Linear Programming untuk Peningkatan Pendapatan Lahan Parkir Kendaraan Di Bandar Udara Sam Ratulangi Manado

Meidy P.Y. Kawulur<sup>1</sup>, Anritsu Polii<sup>2</sup>, Johanes Mawa<sup>3</sup>, Daud Topayung<sup>4</sup>,  
Tammy Pangow<sup>5</sup>

<sup>1,3,4,5</sup> Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Manado, 0431-811568, 95252, Indonesia

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado, 0431-811568, 95252, Indonesia

Email: <sup>1</sup> meidykawulur@gmail.com

No. Hp: <sup>1</sup> 085256560236

## Abstrak

Pengelolaan lahan parkir masih sering menjadi masalah dalam pengaturannya, yang nantinya akan berdampak pada pendapatan lahan parkir. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu cara penanganan lahan parkir yang lebih optimal sehingga berdampak positif dalam pendapatan lahan parkir. Pendekatan untuk mengatasi permasalahan lahan parkir adalah dengan model matematis dengan pemrograman linier bilangan bulat. Tujuan menggunakan model matematis adalah agar didapat solusi bilangan bulat dari suatu permasalahan program linear. Dalam pemrograman linier bilangan bulat pengaturan kendaraan di Bandar Udara Samratulangi Manado diselesaikan dengan Metode Branch and Bound. Branch and Bound adalah metode yang dapat memberikan solusi bilangan bulat dari program linier. Hasil yang optimal adalah pendapatan areal parkir Bandar Udara Samratulangi Manado, dapat dicapai hingga Rp. 615.285.000/bulan dengan muatan 245 unit sepeda motor, 485 unit mobil kelas I, dan 6 unit bus atau truk dengan panjang < 9 m. Jika kita membandingkan antara penghasilan maksimum dengan jumlah pajak sebesar Rp15.450.000/bulan, maka jumlah pajaknya hanya 6,25% dari penghasilan maksimum. Sehingga dengan kata lain dapat dikatakan bahwa besarnya pajak yang diterima oleh Pemerintah Kota Manado tidak sebanding dengan pendapatan areal parkir yang dapat diperoleh.

**Kata Kunci** – Linier Integer Programming, Metode Branch & Bound, Pajak Penghasilan, Lahan parkir.

## Implementation of Linear Programming Method for Vehicle Parking Land Income Optimization at Sam Ratulangi Airport Manado

### Abstract

Parking lot management is still often a problem in its arrangement, which will have an impact on parking lot income. Therefore, a more optimal way of handling parking spaces is needed so that it has a positive impact on parking revenue. The approach to solving the parking lot problem is a mathematical model with integer linear programming. The purpose of using a mathematical model is to obtain an integer solution to a linear programming problem. In this research, integer linear programming of vehicle's setting in Lombok International Airport is solved by Branch and Bound Method. Branch and Bound is the method that can deliver integer solution of the linear programming. The optimum

result is parking area's income of Samratulangi International Airport can be achieved until Rp. 615.285.000/month with lade of 245 unit's of motorcycle, 485 units of class I of the car, and 6 units of the bus or truck with the length < 9 m. If we make a comparison between the maximum income with the number of tax in number Rp. 15.450.000, then the number of the tax is only 6,25% of the maximum income. So that, in the other words we can say that the number of tax which accepted by City Manado Government is not representative with parking area's income which can be acquired.

**Keywords** – Integer linear programming, Branch and Bound method, the tax, parking lot income.

## PENDAHULUAN.

Pendapatan dari tarif parkir Bandar Udara Sam Ratulangi Manado merupakan salah satu sumber pajak yang potensial bagi Provinsi Sulawesi Utara. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu upaya untuk mengoptimumkan pendapatan tersebut agar jumlah yang diperoleh dapat melebihi jumlah besaran pajak yang diwajibkan. Salah satunya dengan pengaturan jumlah kendaraan yang menempati lahan parkir, yang dalam hal ini dapat dimodelkan menjadi suatu permasalahan program linear bilangan bulat.

Pemrograman linier merupakan pendekatan pemecahan yang dikembangkan untuk situasi yang melibatkan fungsi linier maksimalisasi atau minimalisasi yang dipengaruhi oleh kendala linier yang membatasi tingkat pencapaian tujuan [1]. Metode *Branch and Bound* adalah salah satu metode penyelesaian optimum program linier yang menghasilkan variable keputusan bilangan bulat. Metode ini membatasi solusi optimum yang akan menghasilkan bilangan pecahan dengan membuat cabang atas dan bawah bagi masing-masing variabel keputusan yang bernilai pecahan agar bernilai bilangan bulat sehingga setiap pembatasan akan menghasilkan cabang baru [2].

Dalam penelitian ini, program linear bilangan bulat dari pengaturan lahan parkir Bandara Samratulagi Manado dapat diselesaikan menggunakan metode *Branch and Bound* yang merupakan salah satu metode untuk menghasilkan solusi bilangan bulat dari suatu permasalahan program linear.

## LANDASAN TEORI

### Model Program Linier

Secara umum, masalah program linier dapat ditulis dalam bentuk sebagai berikut:

Mencari  $x_1, x_2, \dots, x_n$  yang memaksimumkan (atau meminimumkan)

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (1)$$

Dengan kendala :  $a_{1,1}x_1 + a_{1,2}x_2 + \dots + a_{1,n}x_n (\leq, =, \geq) b_1$

$$a_{2,1}x_1 + a_{2,2}x_2 + \dots + a_{2,n}x_n (\leq, =, \geq) b_2 \quad (2)$$

: : :

$$a_{m,1}x_1 + a_{m,2}x_2 + \dots + a_{m,n}x_n (\leq, =, \geq) b_m \quad (3)$$

dan  $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$

Keterangan :

$x_j$  = jenis aktivitas (variabel keputusan)  $a_{mn}$  = kebutuhan sumber daya  $m$  untuk menghasilkan setiap unit aktivitas  $j$

$b_m$  = jumlah sumber daya  $m$  yang tersedia

$c_j$  = kenaikan nilai fungsi tujuan jika ada penambahan satu unit aktivitas  $j$  [3].

Dari model di atas, bentuk (1) disebut sebagai fungsi tujuan (*objective function*), bentuk (2) disebut kendala masalah (*problem constraints*), dan bentuk (3) disebut kendala non-negatif (*non negative constraints*)

Apabila didefinisikan

$$A_0 = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}, \quad c_j = \begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_n \end{bmatrix}, \quad x_j = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, \quad \text{dan } b = \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix},$$

Maka berdasarkan persamaan (1), (2) dan (3) kendala linear dalam permasalahan program linear dapat dinyatakan dalam bentuk matriks

$$A_0 X_j (\leq, =, \geq) b \quad (4)$$

dengan  $b$  dinamakan vektor prasyarat,  $c_j$  dinamakan vektor harga dengan elemennya sebagai nilai dari variabel pada elemen  $x_j$ .

### Metode Simpleks

Untuk menyelesaikan permasalahan program linier secara analitik, digunakan metode simpleks dengan algoritma sebagai berikut:

1. Mengubah fungsi objektif dan fungsi kendala ke bentuk kanonik
2. Periksa apakah ada matriks I dalam koefisien fungsi kendala. Jika tidak, tambahkan artificial variable M sampai terdapat matriks I. untuk soal maksimum koefisien dari M = -1, untuk soal minimum, koefisien M = 1, jika ya, susun tabel awal
3. Mencari kolom kunci yaitu bilangan terkecil dari baris ( $Z_j - c_j$ )
4. Mencari baris kunci (Rasio =  $\frac{\text{kuantitas}}{\text{elemen kolom kunci}}$ ), Baris kunci yaitu baris yang mengandung elemen dari kolom rasio dengan nilai terkecil
5. Menentukan angka kunci yaitu irisan antara kolom kunci dan baris kunci
6. Membagi baris kunci dengan angka kunci
7. Buat nol elemen kolom kunci lainnya dengan operasi baris elementer
8. Periksa keoptimalan semua elemen baris  $Z_j - c_j$  untuk setiap variable basisnya tidak boleh bernilai negative. Untuk minimum semua elemen baris  $Z_j - c_j$  untuk setiap variable basisnya tidak boleh bernilai positif. Jika masih ada ulangi langkah ke 3
9. Titik optimal ditentukan.

### Metode Cabang dan Batas (*Branch and Bound*)

Metode *Branch and Bound* adalah salah satu metode penyelesaian optimum program linier yang menghasilkan variable keputusan bilangan bulat. Metode ini

membatasi solusi optimum yang akan menghasilkan bilangan pecahan dengan membuat cabang atas dan bawah bagi masing-masing variabel keputusan yang bernilai pecahan agar bernilai bilangan bulat sehingga setiap pembatasan akan menghasilkan cabang baru [2].

Metode *Branch and Bound* [4] ini digunakan untuk memecahkan persoalan program linier integer digabungkan bersama-sama dengan metode simpleks dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Memilih solusi optimum non-integer dari suatu penyelesaian program linier *integer* yang memiliki nilai terbesar.
2. Membuat percabangan dan memberi batasan sesuai dengan dua bilangan bulat yang mengapitnya. Masing-masing percabangan ini disebut dengan sub masalah, yaitu model program linier awal ditambah dengan batasan sesuai percabangan sebagai kendala baru.
3. Mencari solusi optimum untuk masing-masing sub masalah dengan menggunakan metode simpleks.
4. Jika didapatkan solusi fisibel integer, maka percabangan dihentikan. Solusi yang didapatkan tersebut merupakan calon percabangan selesai. Jika didapatkan solusi invisibel, maka percabangan selesai. Jika didapatkan solusi fisibel *non-integer*, kembali ke langkah 2.
5. Menentukan solusi optimum *integer* diantara calon solusi yang ada.
6. Solusi optimum *integer* ditemukan

## METODOLOGI PENELITIAN

Riset operasi dengan pendekatan algoritmis bertujuan untuk memperkenalkan model-model penyelesaian masalah yang berhubungan dengan optimisasi (membuat sesuatu menjadi optimal) [5].

Jenis penelitian ini menggunakan application research. Metode yang digunakan adalah metode *Branch and Bound* dengan bantuan *software WinQSB 2.0*. pendapatan yang dioptimumkan adalah pendapatan parkir dari kendaraan roda empat dan roda enam. Untuk pendapatan parkir dari roda dua ditambahkan di akhir optimasi. Dalam menyelesaikan pengoptimalan pendapatan lahan parkir, maka terlebih dahulu dirumuskan model program linearnya [6] [7] dengan variable:

$x_1$  = jumlah mobil penumpang golongan I (kendaraan untuk orang biasa)

$x_2$  = jumlah mobil penumpang golongan II (kendaraan untuk keperluan khusus)

$x_3$  = jumlah bus/truk dengan panjang < 9 m

$x_4$  = jumlah bus/truk yang panjang diantara  $9m \leq \text{panjang} \leq 12 m$

$x_5$  = jumlah bus/truk yang panjang  $\geq 12 m$

Fungsi tujuan memaksimumkan

$$z = C_1x_1 + C_2x_2 + C_3x_3 + C_4x_4 + C_5x_5$$

Dengan

$c_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 5$ ) adalah tarif parkir untuk masing-masing jenis kendaraan

Kendala

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}x_4 + a_{15}x_5 \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + a_{24}x_4 + a_{25}x_5 \leq b_2$$

dengan

$a_{1i}$  = luas area parkir yang dibutuhkan untuk satu unit masing-masing kendaraan

$b_i$  = luas area parkir untuk kendaraan roda empat dan roda enam

$a_{2i}$  = jumlah maksimum unit masing-masing jenis kendaraan

$b_2$  = kapasitas maksimum area parkir untuk kendaraan roda empat dan roda enam

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Hasil

Area parkir kendaraan Bandara Internasional Sam Ratulangi Manado berada di area terbuka dan berlokasi di sisi utara barat area Landside Bandara. Adapun kapasitas kendaraan yang dapat ditampung area parkir ini yaitu mobil sebanyak 384 unit, bus sebanyak 6 unit, dan motor sebanyak 245 unit.

### Model Program Linier Pengoptimalan Pendapatan Lahan parkir

Maksimumkan :

$$Z = 3000x_1 + 3000x_2 + 7000x_3 + 7000x_4 + 7000x_5$$

dengan kendala,

$$10,42x_1 + 13,63x_2 + 25x_3 + 37,4x_4 + 42,4x_5 \leq 10873$$

$$x_1 + x_2 \leq 1013$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \geq 0 \text{ dan bernilai bilangan bulat.}$$

Setelah model program linear ditentukan, maka permasalahan program linear tersebut diselesaikan menggunakan metode *Branch and Bound* dengan bantuan *software WinQSB 2.0*

Variable -->	X1	X2	X3	X4	X5	Direction	R. H. S.
Maximize	3000	3000	7000	7000	7000		
C1	11.52	14.4	27	39.6	46.2	<=	11972
C2	1	1				<=	1026
LowerBound	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M		
Variable Type:	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer		

Gambar 1. Entri model program linear

Dengan hasil:

04:02:36		Friday	November	30	2012	
Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	
1	X1	990.0000	3.000.0000	2.970.000.0000	0	basic
2	X2	0	3.000.0000	0	3.000.0000	at bound
3	X3	21.0000	7.000.0000	147.000.0000	7.000.0000	at bound
4	X4	0	7.000.0000	0	7.000.0000	at bound
5	X5	0	7.000.0000	0	7.000.0000	at bound
Objective Function		(Max.) =	3.117.000.0000			
Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	
1	C1	11,971.0000	<=	11,972.0000	0.1000	0
2	C2	990.0000	<=	1.026.0000	36.0000	0

Gambar 2. Solusi program linear bilangan bulat

Data mengenai jumlah kendaraan yang diparkir selama sehari dengan waktu 12 jam efektif pada lahan parkir Bandara Sam Ratulangi Manado dengan jenis kendaraan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Jumlah rata-rata kendaraan pada lahan parkir dan tarif parkir selama 1 jam

Jenis Kendaraan	Jumlah (unit)	Tarif Parkir (Rp.)	Pendapatan Maksimum
Kendaraan roda dua	245	1500	367.500
Mobil Penumpang Gol.1	485	3000	1.455.000
Mobil Penumpang Gol. 2	0	3000	0
Bus/Truck Panjang < 9m	6	7000	42.000
Bus/truck dengan Panjang 9 m ≤ Panjang ≤ 12 m	0	7000	0
Bus/truck Panjang ≥ 12m	0	7000	0
Total Pendapatan Maksimum	0		1.864.500

Berdasarkan batasan masalah dan data yang diperoleh, bahwa dalam sehari BIL memiliki waktu 11 jam efektif, maka pendapatan maksimum yang dapat diperoleh adalah  $Rp1.864.500 \times 11 = Rp. 20.509.500/hari$ . Pendapatan tersebut jika dikalkulasikan dalam waktu satu bulan, maka dapat mencapai  $Rp. 20.509.500 \times 30 = Rp. 615.285.000$

Terkait dengan pajak yang harus dibayarkan kepada pemerintah Kota Manado, jumlah besaran pajak jika dibandingkan dengan jumlah pendapatan maksimum sangat tidak sepadan, pasalnya pemerintah Kota Manado menetapkan besaran tanggungan pajak yaitu 30% dari Minimum Omzet Bruto atau sejumlah Rp15.450.000/bulan. Dengan kata lain, pajak untuk pendapatan lahan parkir kendaraan BIL hanya sekitar 6,25% dari jumlah pendapatan maksimum.

## KESIMPULAN

Besar tanggungan pajak atas pendapatan parkir BIL kepada pemerintah Kota Manado tidak representatif, karena jumlahnya hanya sekitar 6,25% dari pendapatan maksimum yang dapat diperoleh setiap bulannya.

## REFERENSI

- [1] Anderson, Sweeney and Williams. 1996. *Statistics for business and economics*. St. Pual, MN : West Pub. Co
- [2] Siringoringo, Hotniar. 2005. *Riset Operasional Seri Pemrograman Linear*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [3] B. Susanta. (1994). *Program Linear*. Yogyakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.
- [4] Ismaniah. 2009. “*Penyelesaian Masalah Riset Operasi (Transportasi) dengan Menggunakan Program Solver*”. *Jurnal Kajian Ilmiah Lembaga Penelitian Ubraha Jaya* Vol. 10 No. 1
- [5] Jong Jek Siang. 2011. *Riset Operasi*. Penerbit Andi Yogyakarta. Edisi 2. Yogyakarta
- [6] Nasendi, B.D. dan Anwar, 1985. *Program Linear dan Variasinya*. PT. Gramedia. Jakarta
- [7] J. Supranto. 1983. *Linier Programming*. Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia. Jakarta