

## Optimalisasi Pengelolaan Lahan Parkir Menggunakan Program Integer Metode *Branch And Bound* Di Mall Plaza Medan Fair

Mestria Cicilia Panjaitan

Universitas Negeri Medan

Korespondensi penulis: [mestriapanjaitan@gmail.com](mailto:mestriapanjaitan@gmail.com)

Abil Mansyur

Universitas Negeri Medan

**Abstract.** *The rapid development of vehicles has an impact on increasing the need for parking space, thus demanding the need for availability and land management that provides convenience and comfort for motorists. Plaza Medan Fair mall is still not optimal in planning and managing parking lots, this can be seen from the number of vehicles that do not get parking spaces while parking is still available, besides that the placement of parking cars has not been arranged so that visitors still have difficulty in finding a parking space. This can have an impact on not optimal parking lot income. Parking lot management can be done by classifying parking by categorizing vehicles according to their group considering that each vehicle has a different size and can be grouped according to type. Optimization of parking management can be done using the branch and bound method integer program. The branch and bound method is a method to find the optimal solution to the integer problem with the concept of branching and bounding. The results of the study found that there were 200 parking spaces for small cars, 651 parking spaces, 651 parking spaces, 226 large cars and 70 parking spaces. The maximum parking income obtained by Plaza Medan Fair mall is Rp10,023,000.-.*

**Keywords:** *Optimization, Parking, Branch and Bound, Python*

**Abstrak.** Perkembangan pesat kendaraan berdampak pada peningkatan kebutuhan akan lahan parkir sehingga menuntut perlunya ketersediaan dan pengelolaan lahan yang memberikan kemudahan dan kenyamanan bagi pengendara. Mall Plaza Medan Fair masih belum maksimal dalam perencanaan dan pengelolaan lahan parkir, hal ini dapat dilihat dari masih banyaknya kendaraan yang tidak mendapatkan tempat parkir sementara parkir masih tersedia, selain itu belum tertatanya penempatan mobil parkir sehingga pengunjung masih kesulitan dalam menemukan tempat parkir. Hal ini dapat berdampak pada tidak optimalnya pendapatan lahan parkir. Pengelolaan lahan parkir dapat dilakukan dengan membuat penggolongan parkir dengan mengkategorikan kendaraan sesuai golongannya mengingat setiap kendaraan memiliki ukuran yang berbeda dan dapat dikelompokkan sesuai jenisnya. Optimalisasi pengelolaan parkir dapat dilakukan dengan menggunakan program integer metode *branch and bound*. Metode *branch and bound* merupakan metode untuk menemukan solusi optimal dari permasalahan integer dengan konsep percabangan dan pembatasan. Hasil penelitian diperoleh bahwa banyaknya lahan parkir untuk mobil kecil sebanyak 200 ruang parkir, mobil sedang sebanyak 651 ruang parkir, mobil besar sebanyak 226 ruang parkir dan mobil VIP sebanyak 70 ruang parkir. Adapun pendapatan maksimal parkir yang diperoleh mall Plaza Medan Fair yakni Rp10.023.000.-.

**Kata Kunci:** Optimalisasi, Parkir, *Branch and Bound*, Python

## LATAR BELAKANG

Perkembangan pesat kendaraan berdampak pada peningkatan kebutuhan akan lahan parkir. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan parkir menuntut perlunya ketersediaan dan pengelolaan lahan yang memberikan kemudahan dan kenyamanan bagi pengendara. Namun, saat ini kebutuhan akan ruang parkir sering kali terhambat karena ketersediaan lahan parkir yang terbatas. Oleh karena itu, diperlukan para pengembang, swasta dan pemerintah untuk berpikir keras dalam menyelesaikan masalah perparkiran. Pemerintah bertanggung jawab atas ketertiban kendaraan, tetapi sektor swasta memiliki kepentingan dan peluang bisnis (Milzam dkk, 2022).

Mall Plaza Medan Fair merupakan salah satu mall di Kota Medan yang cukup populer dan padat pengunjung dan berdampak pula pada jumlah kendaraan yang parkir. Tingginya jumlah kendaraan khususnya mobil di mall Plaza Medan Fair seringkali mengalami permasalahan. Hal ini dapat dilihat dari belum tertatanya penempatan mobil parkir. Sistem parkir tidak menggolongkan area parkir mobil sesuai ukuran dan kategori parkir. Tidak adanya penggolongan area parkir sesuai ukuran kendaraan juga menyebabkan banyak pengendara yang harus kesulitan mencari lokasi parkir. Mall Plaza Medan Fair saat ini memberlakukan tarif parkir reguler dan VIP. Penerapan tarif ini kurang optimal dalam memaksimalkan pendapatan parkir sebab tarif parkir reguler sama untuk semua jenis mobil sementara kebutuhan lahan parkir berbeda untuk setiap mobil. Tarif parkir yang kurang optimal seiring dengan permasalahan-permasalahan parkir menuntut perlu dilakukannya peningkatan kualitas parkir yang lebih baik lagi terutama dalam perencanaan dan pengelolaannya sehingga dapat meningkatkan pendapatan parkir. Pengelolaan lahan parkir dapat dilakukan dengan membuat penggolongan parkir dengan mengkategorikan tarif parkir sesuai golongannya mengingat setiap kendaraan memiliki ukuran yang berbeda dan dapat dikelompokkan sesuai jenisnya. Ukuran lahan dan kapasitas parkir yang terbatas dapat dimaksimalkan dengan mempertimbangkan faktor banyaknya mobil yang parkir.

Pengoptimalan lahan parkir dapat dilakukan dengan proses pengambilan keputusan secara ilmiah seperti pemrograman matematika. Ada beberapa metode program matematika, diantaranya adalah program linear dan program integer. Pada penerapannya, kebanyakan permasalahan program integer diselesaikan dengan beberapa metode. Salah satunya ialah metode *branch and bound*. Metode *branch and bound* merupakan suatu metode untuk menemukan solusi optimal dari permasalahan program integer dengan secara efisien mengenumerasi titik-titik dalam daerah fisibel dari suatu sub-masalah (Winston, 2004). Metode ini membatasi penyelesaian optimal yang akan menghasilkan bilangan pecahan dengan

cara membuat cabang atas dan bawah bagi masing-masing variabel keputusan yang bernilai pecahan sehingga bernilai bilangan bulat sehingga setiap pembatasan menghasilkan cabang baru dan membentuk sebuah pohon pencarian (*search tree*) (Basriati, 2018).

Berdasarkan latar belakang di atas penulis tertarik melakukan penelitian tentang “Optimalisasi Pengelolaan Lahan Parkir Menggunakan Program Integer Metode *Branch and Bound* di Mall Plaza Medan Fair”.

## **KAJIAN TEORITIS**

### **Optimalisasi**

Optimalisasi menurut Ali (2014) adalah hasil yang dicapai sesuai dengan keinginan sehingga optimalisasi merupakan pencapaian hasil sesuai harapan secara efektif dan efisien. Optimalisasi banyak juga diartikan sebagai ukuran dimana semua kebutuhan dapat dipenuhi dari kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan. Optimalisasi hanya dapat diwujudkan apabila dalam pewujudannya dilakukan secara efektif dan efisien. Optimalisasi pada penelitian ini dipandang sebagai suatu tindakan yang paling baik terhadap suatu keadaan yang memiliki keterbatasan fasilitas. Sehingga optimalisasi akan diperoleh apabila seluruh fasilitas yang terbatas dapat digunakan dengan tanpa melebihi kapasitasnya.

### **Parkir**

Menurut Sholikhin dkk (2017), parkir adalah memberhentikan dan menyimpan kendaraan untuk sementara waktu pada ruang tertentu. Sedangkan menurut Putri dkk (2020), parkir adalah setiap kendaraan yang berhenti pada tempat-tempat tertentu baik yang dinyatakan dengan rambu ataupun tidak, serta bukan semata-mata untuk kepentingan menaikkan dan menurunkan orang atau barang. Selain pengertian di atas, beberapa ahli mendefinisikan pengertian parkir, yaitu:

1. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, parkir merupakan tempat yang disediakan untuk menghentikan atau menaruh kendaraan bermotor.
2. Menurut UU No. 22 Tahun 2009, parkir adalah keadaan kendaraan berhenti atau tidak bergerak untuk beberapa saat dan ditinggalkan pengemudinya.
3. Parkir adalah keadaan dimana suatu kendaraan tidak bergerak (diam) dan bersifat sementara (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1996).

Berdasarkan definisi-definisi di atas maka dapat disimpulkan bahwa parkir adalah suatu keadaan dimana kendaraan baik kendaraan bermotor atau tidak bermotor berhenti untuk sementara waktu disuatu tempat. Tujuan dari fasilitas parkir adalah sebagai tempat pemberhentian kendaraan dan mendukung kelancaran lalu lintas.

Satuan Ruang Parkir (SRP) adalah ukuran luas efektif untuk meletakkan kendaraan bermotor termasuk ruang bebas dan lebar buka pintu (Direktorat Jenderal Perhubungan, 1996). Penentuan satuan ruang parkir (SRP) didasarkan atas hal berikut.

1. Ruang bebas parkir

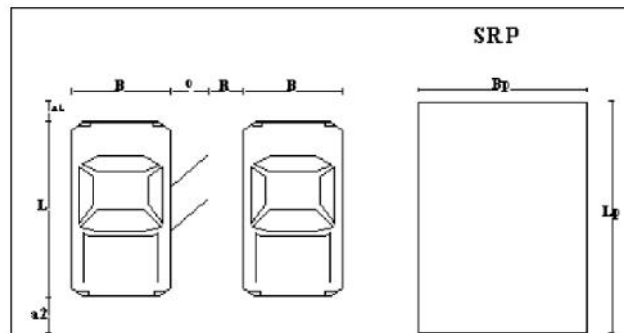
Ruang bebas kendaraan parkir diberikan pada arah lateral dan longitudinal kendaraan. Ruang bebas arah lateral ditetapkan pada saat posisi pintu kendaraan dibuka, yang diukur dari ujung terluar pintu ke badan kendaraan parkir yang ada disampingnya.

Ruang bebas ini diberikan agar tidak terjadi benturan antara pintu kendaraan dan kendaraan yang parkir disampingnya pada saat penumpang turun dari kendaraan. Ruang bebas arah memanjang diberikan di depan kendaraan untuk menghindari benturan dengan dinding atau kendaraan yang lewat jalur gang (*aisle*). Jarak bebas arah lateral diambil sebesar 5 cm dan jarak bebas arah longitudinal sebesar 30 cm.

2. Lebar bukaan pintu kendaraan

Ukuran lebar bukaan pintu merupakan fungsi karakteristik pengguna kendaraan yang memanfaatkan fasilitas parkir.

Besar satuan ruang parkir (SRP) untuk mobil adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Satuan Ruang Parkir Mobil  
(Sumber : Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1996)

Keterangan :

B	= lebar total kendaraan	= 1,7 m
L	= panjang total kendaraan	= 4,7 m
O	= lebar bukaan pintu	= 0,75 m
a1	= jarak bebas arah longitudinal	= 0,1 m
a2	= jarak bebas arah longitudinal	= 0,2 m
R	= jarak bebas arah lateral	= 0,05 m
BP+	= lebar total parkir	= $B + O + R = 2,5$ m
LP	= panjang total parkir	= $L + a1 + a2 = 5$ m

### Program Integer

Menurut Winston (2004), program integer merupakan suatu pemrograman linear yang sebagian atau semua variabel yang digunakan merupakan integer tak negatif. Dalam program integer terdapat tiga model, yaitu sebagai berikut.

1. *Pure integer programming* (program bilangan bulat murni), suatu model program linear yang semua variabelnya merupakan bilangan bulat.
2. *Mixed integer programming* (program bilangan bulat campuran), suatu model program linear dengan beberapa variabelnya bilangan bulat.
3. *Biner integer programming* (program bilangan bulat biner), suatu model program linear yang variabelnya hanya berupa bilangan 0 atau 1.

### Metode Branch and Bound

Metode *Branch and Bound* merupakan metode yang memiliki dua konsep dasar yakni *branching and bounding*. *Branching* adalah proses membagi-bagi permasalahan menjadi sub-sub-masalah yang mungkin mengarah ke solusi. Sub-sub-masalah yang dimaksudkan adalah memecah nilai variabel yang bernilai pecahan menjadi bilangan bulat positif terdekat. *Bounding* adalah proses untuk mencari/menghitung batas atas (BA) dan batas bawah (BB) untuk solusi optimal pada sub-masalah yang mengarah ke solusi.

Adapun langkah-langkah dalam penyelesaian suatu masalah menggunakan metode *branch and bound* adalah sebagai berikut (Basriati, 2018):

1. Menyelesaikan persoalan program linear dengan menggunakan metode simpleks tanpa pembatasan bilangan integer.
2. Memeriksa solusi optimal. Apabila variabel keputusan yang diharapkan memiliki nilai integer, solusi optimalnya telah tercapai dan proses berhenti. Namun, apabila satu atau lebih variabel keputusan yang diharapkan tidak bernilai integer (masih memiliki nilai pecahan), maka lanjutkan ke langkah 3.

3. Memilih variabel yang mempunyai nilai pecahan terbesar dari masing-masing variabel untuk dijadikan percabangan ke dalam sub-masalah. Ciptakan dua batasan baru untuk variabel ini dengan batasan  $\leq$  dan  $\geq$ .
4. Menjadikan solusi pada penyelesaian langkah satu sebagai batas atas dan untuk batas bawahnya merupakan solusi yang variabel keputusannya telah dibulatkan.
5. Menyelesaikan model program linear dengan batasan baru yang ditambahkan pada setiap sub-masalah.
6. Suatu solusi integer fisibel (layak) adalah sama baik atau lebih baik dari batas atas untuk setiap sub-masalah yang dicari. Jika solusi yang demikian terjadi, suatu sub-masalah dengan batas atas terbaik dipilih untuk dicabangkan, kembali ke langkah 4.

### **Python**

*Python* merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dapat melakukan eksekusi sejumlah perintah multiguna secara interpretatif dengan berorientasi pada objek serta menggunakan semantik dinamis untuk memberikan tingkat keterbacaan kode atau sintaks. Meskipun *python* digolongkan sebagai bahasa pemrograman tingkat tinggi, namun penggunaannya dirancang sedemikian rupa sehingga mudah dipahami dan dipelajari (Pane dan Saputra, 2020).

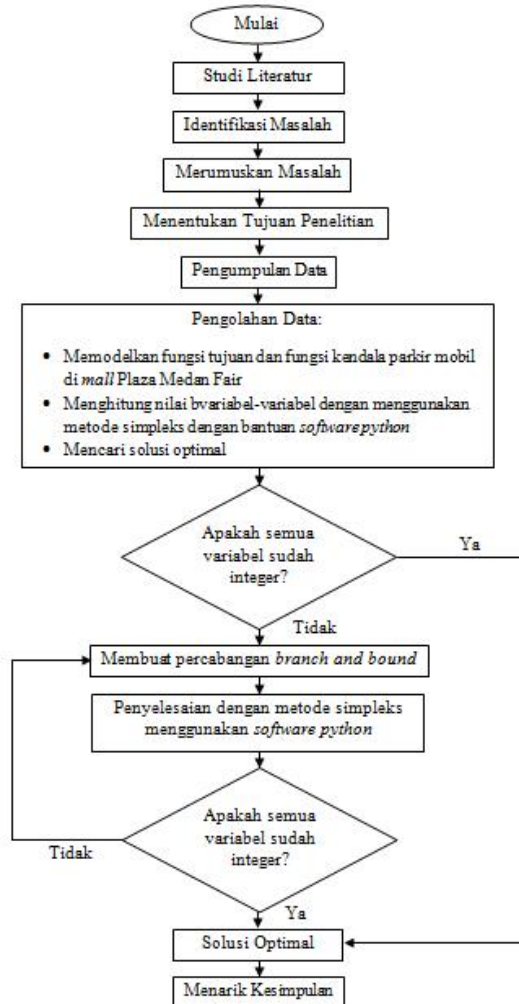
*Python* diciptakan oleh Guido van Rossum pertama kali di Scitchiting Mathematisch Centrum (CWI) di Belanda pada tahun 1991. *Python* sebagai bahasa yang bersifat *open source* menyebabkan bahasa ini cepat berkembang sehingga memiliki banyak modul, *library*, dan *framework* (Sembiring, 2021). Bahasa *Python* didukung oleh *library* (pustaka) yang merupakan sekumpulan fungsi atau perintah yang digunakan untuk menjalankan tugas tertentu dalam bahasa pemrograman agar dapat memenuhi kebutuhan dalam membuat program (Harani dan Nugraha, 2020).

### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan penelitian studi kasus yang dilakukan di Mall Plaza Medan Fair yang berlokasi di Jl. Gatot Subroto No. 30 Sekip, Kecamatan Medan Petisah, Kota Medan, Sumatera Utara. Pengamatan dan pengambilan data difokuskan pada parkir mobil. Pengambilan data dilakukan selama 3 minggu (Senin s/d Minggu) mulai pukul 14.00-17.00 WIB. Hal ini dikarenakan berdasarkan informasi dari pengelola bahwa rata-rata tertinggi mobil yang parkir terjadi pada rentang waktu tersebut. Adapun data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu data pengelompokan mobil berdasarkan ukuran, data luas parkir untuk tiap jenis mobil, data banyaknya mobil yang parkir dan kapasitas parkir mobil di Mall Plaza Medan Fair.

Selanjutnya dilakukan pengolahan data adapun langkah- langkah dari pengolahan data adalah sebagai berikut.

- Memodelkan fungsi tujuan dan fungsi kendala parkir mobil di mall Plaza Medan Fair.
- Menghitung nilai variabel-variabel dengan menggunakan metode simpleks dengan bantuan program *python*.
- Mencari solusi optimal dengan menggunakan metode *branch and bound*. Pada penelitian ini dilakukan pembatasan percabangan hanya sampai iterasi ke-7.



Gambar 2. Flowchart Prosedur Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembentukan Model Matematis

#### 1. Penentuan Variabel Keputusan

Variabel keputusan merupakan output yang akan dioptimalkan sehingga memenuhi kriteria sasaran dan kendala. Berdasarkan data yang telah di peroleh, maka variabel keputusan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

$x_1$  = Mobil Agya, Alya

$x_2$  = Mobil Brio

$x_3$  = Mobil Ignis

$x_4$  = Mobil Karimun

$x_5$  = Mobil Avanza/Veloz, Xenia, Kijang Capsul

$x_6$  = Mobil BRV, CRV, HRV, Xpander, Rush, Terios

$x_7$  = Mobil Calya, Sigra, Granmax, Yaris, Jazz

$x_8$  = Mobil Ertiga, Sedan

$x_9$  = Mobil Jeep

$x_{10}$  = Mobil Alphard, Vellfire

$x_{11}$  = Mobil Fortuner

$x_{12}$  = Mobil Pajero

$x_{13}$  = Mobil Innova

$x_{14}$  = Mobil Triton, Hilux

$x_{15}$  = Mobil VIP

#### 2. Penentuan Fungsi Tujuan dan Fungsi Kendala

Koefisien yang digunakan pada nilai fungsi tujuan yaitu tarif parkir tiap kategori parkiran. Tarif parkir yang dibentuk pada penelitian ini disesuaikan dengan penggolongan kategori parkir artinya semakin besar kendaraan, semakin besar pula ukuran parkir yang dibutuhkan sehingga makin besar juga tarif parkir yang dikenakan. Dalam penelitian digolongkan tiga tarif parkir yang berbeda yakni Rp4000/mobil kecil, Rp5000/mobil sedang, Rp6000/mobil besar, dan Rp35000/mobil VIP. Fungsi tujuan yang dirumuskan dalam penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi lahan parkir optimal sehingga menghasilkan pendapatan parkir maksimal di Mall Plaza Medan Fair. Oleh karena itu fungsi tujuannya dapat dimodelkan sebagai berikut:



Fungsi Tujuan:

Maksimalkan:

$$Z = \sum_{i=1}^{15} c_i x_i$$

$$Z = 4000x_1 + 4000x_2 + 4000x_3 + 4000x_4 + 5000x_5 + 5000x_6 + 5000x_7 + 5000x_8 + 5000x_9 + 6000x_{10} + 6000x_{11} + 6000x_{12} + 6000x_{13} + 6000x_{14} + 35000x_{15}$$

Adapun yang menjadi fungsi kendalanya terdiri dari kapasitas parkir, luas lahan parkir, dan permintaan parkir.

Fungsi kendala dapat dimodelkan menjadi bentuk persamaan sebagai berikut.

1. Fungsi Kendala Luas Lahan Parkir

$$\begin{aligned} &9.8x_1 + 10.2x_2 + 10.2x_3 + 9.3x_4 + 11.8x_5 + 12.4x_6 + 11.8x_7 + 12.2x_8 \\ &+ 12.8x_9 + 14.8x_{10} + 14.9x_{11} + 14.6x_{12} + 14.7x_{13} + 14.6x_{14} \leq 13100 \\ &12.5x_{15} \leq 885 \end{aligned}$$

2. Fungsi Kendala Kapasitas Parkir

$$\begin{aligned} &x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} \\ &+ x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} \leq 2000 \end{aligned}$$

3. Kendala Banyaknya Mobil yang Parkir

$$x_1 \leq 141$$

$$x_2 \leq 39$$

$$x_3 \leq 22$$

$$x_4 \leq 26$$

$$x_5 \leq 241$$

$$x_6 \leq 147$$

$$x_7 \leq 190$$

$$x_8 \leq 74$$

$$x_9 \leq 17$$

$$x_{10} \leq 26$$

$$x_{11} \leq 35$$

$$x_{12} \leq 41$$

$$x_{13} \leq 94$$

$$x_{14} \leq 31$$

$$x_{15} \leq 74$$

### Penyelesaian Model dengan Metode *Branch and Bound*

Setelah memformulasikan permasalahan tersebut ke dalam model program linear, maka selanjutnya adalah menyelesaikan model tersebut dengan metode simpleks menggunakan program *python*. Solusi optimal dari *python* adalah sebagai berikut.

$x_1 = 141$	$x_6 = 147$	$x_{11} = 35$
$x_2 = 31.9314$	$x_7 = 190$	$x_{12} = 41$
$x_3 = 0$	$x_8 = 74$	$x_{13} = 94$
$x_4 = 26$	$x_9 = 0$	$x_{14} = 31$
$x_5 = 241$	$x_{10} = 26$	$x_{15} = 70.8$
$Z = 7895726$		

Dari solusi tersebut, dapat dilihat bahwa jumlah lahan parkir optimumnya yaitu Mobil Agya dkk = 141 unit, Mobil Brio = 31.9314 unit, Mobil Karimun = 26 unit, Mobil Avanza dkk = 241 unit, Mobil BRV dkk = 147 unit, Mobil Calya dkk = 190 unit, Mobil Sedan dkk = 74 unit, Mobil Alphard dkk = 26 unit, Mobil Fortuner = 35 unit, Mobil Pajero = 41 unit, Mobil Triton dkk = 31 unit, Mobil VIP = 70.8 unit dengan keuntungan Rp7,895,726. Namun karena solusi yang diinginkan adalah bilangan integer maka masalah ini belum valid. Untuk itu agar nilai variabel tersebut menjadi bilangan bulat maka dilakukan dengan pengujian program integer dengan metode *branch and bound*.

Langkah-langkah yang dilakukan dengan metode *Branch and Bound* adalah sebagai berikut.

- Menentukan batas atas (BA) dan batas bawah (BB)

Pendapatan parkir yang diperoleh adalah batas atas (BA) dan pendapatan yang diperoleh dengan membulatkan nilai variabel keputusan dengan cara pembulatan kebawah adalah batas bawah (BB).

$$BA = 7,895,726$$

$$BB = 7,864,000$$

- Memilih variabel keputusan yang memiliki pecahan yang terbesar untuk melakukan percabangan (*branching*). Variabel keputusan dengan pecahan terbesar adalah

$$x_2 = 31.9314$$

- Menciptakan dua batasan baru untuk pembagian nilai integer yakni

$$x_2 \geq 32 \text{ dan } x_2 \leq 31$$

Sehingga diperoleh model persamaan linear dengan batas yang baru.

### Iterasi 1

#### ➤ Submasalah 1

$$\text{Masalah awal} + x_2 \geq 32$$

#### ➤ Submasalah 2

$$\text{Masalah awal} + x_2 \leq 31$$

Menggunakan metode simpleks dengan bantuan program *python* diperoleh :

Submasalah 1:

$x_1 = 141$	$x_6 = 147$	$x_{11} = 34.953$
$x_2 = 32$	$x_7 = 190$	$x_{12} = 41$
$x_3 = 0$	$x_8 = 74$	$x_{13} = 94$
$x_4 = 26$	$x_9 = 0$	$x_{14} = 31$
$x_5 = 241$	$x_{10} = 26$	$x_{15} = 70.8$
$Z = 7895718$		

Submasalah 2:

$x_1 = 141$	$x_6 = 147$	$x_{11} = 35$
$x_2 = 31$	$x_7 = 190$	$x_{12} = 41$
$x_3 = 0.9314$	$x_8 = 74$	$x_{13} = 94$
$x_4 = 26$	$x_9 = 0$	$x_{14} = 31$
$x_5 = 241$	$x_{10} = 26$	$x_{15} = 70.8$
$Z = 7895726$		

Solusi submasalah 1 dan 2 tidak lebih kecil dari batas bawah (BB) dan tidak lebih besar dari batas atas (BA) dan juga nilai variabel keputusannya masih ada yang bernilai tidak integer maka percabangan dilanjutkan ke submasalah selanjutnya.

Submasalah 1 dicabangkan menjadi submasalah 3 dan 4 dengan tambahan kendala:

$$x_{11} \geq 35 \text{ dan } x_{11} \leq 34$$

sedangkan submasalah 2 dicabangkan menjadi submasalah 5 dan 6 dengan tambahan kendala:

$$x_3 \geq 1 \text{ dan } x_3 \leq 0$$

Dengan cara yang sama dilanjutkan percabangan iterasi ke-2, 3, 4, 5, 6 dan 7 diperoleh beberapa solusi integer dan layak seperti yang disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Daftar Submasalah yang Memiliki Solusi Integer

	S26	S64	S76	S80	S100	S124	S138
X1	141	141	141	141	141	141	141
X2	31	32	30	30	32	31	31
X3	0	1	1	0	1	2	0
X4	26	26	26	26	26	26	26
X5	241	241	241	241	241	241	241
X6	147	147	147	147	146	147	147
X7	190	190	190	190	190	190	190
X8	74	74	74	74	74	74	74
X9	0	0	0	1	0	0	1
X10	26	26	26	26	26	26	26
X11	35	34	35	35	35	34	34
X12	41	41	41	41	41	41	41
X13	94	94	94	94	94	94	94
X14	31	31	31	31	31	31	31
X15	70	70	70	70	70	70	70
Z	<b>7864000</b>	<b>7866000</b>	<b>7864000</b>	<b>7865000</b>	<b>7867000</b>	<b>7866000</b>	<b>7863000</b>

Dengan menggunakan metode *branch and bound*, berdasarkan tabel submasalah yang memiliki solusi integer dan layak di atas dapat ditentukan bahwa S100 (Submasalah 100) merupakan solusi paling optimal dengan  $Z=7,867,000$ .

### Pembahasan

Berdasarkan pengolahan data dan perhitungan dengan metode *branch and bound* ditemukan pendapatan optimal lahan parkir yakni Rp7.867.000,-. Perhitungan tarif parkir yang diterapkan pada metode *branch and bound* merupakan tarif parkir dengan penggolongan kendaraan dalam satu jam pertama saja yakni Rp4.000/mobil kecil, Rp5.000/mobil sedang, Rp6.000/mobil besar. Apabila rata-rata parkir tiap mobil sehingga untuk waktu 2 jam

berikutnya diberlakukan tarif Rp1.000/jam, maka pendapatan maksimal parkir **setelah optimalisasi** diperoleh adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pendapatan maksimal parkir} &= \text{Pendapatan parkir satu jam pertama} + \text{Pendapatan} \\
 &\quad \text{parkir 2 jam berikutnya} \\
 &= Rp7.867.000 + Rp1.000(2)(1078) \\
 &= Rp7.867.000 + Rp2.156.000 \\
 &= Rp10.023.000
 \end{aligned}$$

Apabila diasumsikan dengan jumlah ruang parkir yang sama yakni 1078 ruang parkir mobil kecil, sedang dan besar dan diberlakukan tarif parkir mall saat ini yakni Rp5.000,- untuk parkir reguler dan Rp35.000,- untuk tarif parkir VIP maka pendapatan parkir **sebelum optimalisasi** diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pendapatan maksimal parkir} &= \text{Parkir reguler} + \text{Parkir VIP} \\
 &= (\text{Pendapatan parkir satu jam pertama} + \text{Pendapatan} \\
 &\quad \text{parkir 2 jam berikutnya}) + \text{Pendapatan parkir VIP} \\
 &= Rp5.000(1078) + Rp1.000(2)(1078) + Rp35.000(70) \\
 &= Rp5.390.000 + Rp2.156.000 + Rp2.450.000 \\
 &= Rp9.996.000
 \end{aligned}$$

Dengan demikian pendapatan maksimal parkir mengalami peningkatan apabila dilakukan penggolongan tarif kendaraan sesuai ukurannya dibandingkan apabila diberlakukan hanya tarif reguler saja. Selisih keuntungan yang diperoleh dari pengoptimalan ini yakni Rp27.000,-

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan banyaknya lahan parkir optimal untuk setiap jenis mobil dengan menggunakan program integer metode *branch and bound* di mall Plaza Medan Fair yakni lahan parkir untuk mobil kecil sebanyak 200 ruang parkir, mobil sedang sebanyak 651 ruang parkir, mobil besar sebanyak 227 ruang parkir dan mobil VIP sebanyak 70 ruang parkir. Adapun pendapatan maksimal parkir yang diperoleh mall Plaza Medan Fair yakni Rp10.023.000.-.

Melalui penelitian ini penulis memberikan saran dalam pengelolaan parkir yang dimaksudkan untuk memperbaiki/mengatasi masalah perparkiran di mall Plaza Medan Fair. Adapun saran-saran tersebut adalah sebagai berikut.

1. Pihak pengelola parkir diharapkan dapat menggunakan rekomendasi jumlah lahan parkir mobil untuk mengoptimalkan pengelolaan lahan dengan penggolongan kendaraan.

2. Pihak pengelola parkir diharapkan melakukan perbaikan tata kelola ruang parkir dengan membagi area parkir berdasarkan kategori mobil yakni area parkir mobil kecil, mobil sedang, mobil besar, dan mobil VIP.
3. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya perlu membuat program/sistem yang mendeteksi ukuran kendaraan dan menggolongkan kategori parkir mana yang akan diberikan untuk mobil yang hendak parkir.
4. Pihak pengelola parkir diharapkan perlu melakukan integrasi sistem diseluruh titik parkir, artinya seluruh kotak parkir diharapkan memiliki sensor warna (hijau berarti parkir masih tersedia dan merah berarti parkir sudah terisi) yang dapat terhubung ke satu sistem secara *real-time* dimana nantinya ada informasi bagi pengendara mengenai jumlah ketersediaan ruang parkir yang masih ada di mall Plaza Medan Fair.
5. Pihak pengelola parkir diharapkan dapat melakukan perbaikan teknik pengaturan parkir guna mengoptimalkan pelayanan parkir mall. Adapun penulis hendak memberikan gagasan mengenai teknik pengaturan parkir yang dibagi menjadi tiga tahap yakni sebagai berikut.
  - a. Saat mobil berada di pintu masuk: mobil menuju pintu masuk untuk mengambil tiket, selanjutnya pemilik mobil dapat melihat ketersediaan parkir yang masih ada saat ini, disisi lain sensor mendeteksi informasi/identitas mobil, ukuran mobil dan mengkategorikan area parkir, mesin mengeluarkan tiket parkir yang berisikan waktu masuk mobil dan kategori parkir mobil.
  - b. Saat mobil sudah berada di dalam area parkir: mobil menuju area parkir sesuai kategori parkir yang tertera di tiket yang sesuai dengan ukuran kendaraannya, kemudian mobil mencari sensor parkir yang berwarna hijau (parkir masih kosong) dan mobil memarkirkan kendaraannya dan secara otomatis sensor parkir berubah menjadi warna merah (parkir sudah terisi), disisi lain jumlah ketersediaan parkir di papan informasi secara otomatis berkurang karena parkir sudah terisi.
  - c. Saat mobil berada di pintu keluar: mobil keluar dari ruang parkir dan secara otomatis sensor parkir berubah kembali menjadi warna hijau (parkir kosong), disisi lain jumlah ketersediaan parkir di papan informasi secara otomatis bertambah, mobil menuju pintu keluar dan men-*scan* tiket parkir, kemudian sistem mendeteksi informasi/identitas mobil dan menganalisis lamanya mobil parkir dan menentukan tarif parkir yang dikenakan dan selanjutnya pemilik mobil melakukan pembayaran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M.A. (2014). Analisis Optimalisasi Pelayanan Konsumen Berdasarkan Teori Antrian Pada KALTIMGPS.COM Di Samarinda. *eJournal Ilmu Administrasi Bisnis*, 2(3), 346-357.
- Basriati, S. (2018). Integer Linear Programming dengan Pendekatan Metode Cutting Plane dan Branch and Bound untuk Optimasi Produksi Tahu. *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 4(2), 95-104.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. (1996). *Pedoman Teknis Penyelenggaraan Fasilitas Parkir*. Departemen Perhubungan: Jakarta.
- Harani dan Nugraha. (2020). *Segmentasi Pelanggan Menggunakan Python*. Bandung: Kreatif Industri Nusantara.
- Milzam, A.L., Usman, T., dan Ikhwan, M. (2022). Path Planning for Parking of Four Wheeled Vehicle with Minimum Energy and Optimum Parking Space. *Transcendent Journal of Mathematics and Application*, 1(1), 36-44.
- Pane, S.F dan Saputra, Y.A. (2020). *Big Data Classification Behavior Menggunakan Python*. Bandung: Kreatif Industri Nusantara.
- Putri, Z.Z.R., Putra, S., dan Karami. (2020). Analisa Kebutuhan Ruang Parkir Kantor Pemerintahan Kota Bandar Lampung. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 8(1), 85-94.
- Sembiring, F.(2021). *Buku Ajar Dasar Pemrograman (Python)*. Sukabumi: NUSAPUTRA PRESS.
- Sholikhin, R., dan Mudjanarko, S.R. (2017). Analisis Karakteristik Parkir di Satuan Ruang Parkir Pasar Lapangan Sidoarjo. *Jurnal Teknika: Engineering and Sains Journal*, 1(2), 145-150.
- Undang-Undang. (2009). Lalu Lintas dan Angkutan Kota, Undang - Undang Nomor 22 Tahun 2009. Dirjen Perhubungan Darat: Jakarta.
- Winston, W.L. (2004). *Applications and Algorithms (Fourth Edition)*. New York (US): Duxbury.