

# OPTIMALISASI ANGGARAN PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR KABUPATEN SUMBAWA MENGUNAKAN LINEAR PROGRAMMING

Anindia Safitri, Mamika Ujianita Romdhini, Qurratul Aini

**Abstract:** By 2017, infrastructure development in Sumbawa District prioritized to build road infrastructure, bronjong construction, road improvement, road maintenance and maintenance of irrigation networks with budget amount to Rp 142.656.288.500. In the previous year, the budget for infrastructure development is not optimal yet, seen from the absorption of the budget. The objective of this study is to maximize budget realization using the simplex method. Based on the results of the study, a Linear Programming Model for infrastructure development planning Sumbawa District in 2017 is as follows:

Maximize

$$z = 1500000000x_1 + 950000x_2 + 1200000000x_3 + 750000000x_4 + 1250000x_5$$

Based on the model, the optimal solution is the development of road ( $x_1$ ) along 2,271 km, bronjong construction ( $x_2$ ) with the volume of 6901,549 m<sup>3</sup>, road improvement ( $x_3$ ) along 95,133 km, road maintenance ( $x_4$ ) along 9,980 km and maintenance network irrigation ( $x_5$ ) with a volume of 8838,671 m<sup>3</sup>, with total budget used Rp 142.656.288.200.

**Keywords:** *Optimization, APBD, infrastructure, Linear Programming, Simplex Method.*

## A. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di Kabupaten Sumbawa belum optimal dilihat dari masih rendahnya penyerapan anggaran pembangunan. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu upaya untuk mengoptimalkan penyerapan anggaran tersebut agar pembangunan dapat terlaksanakan secara optimal. Dalam permasalahan optimasi perencanaan pembangunan dituntut untuk memaksimalkan penggunaan anggaran pembangunan sebagai fungsi tujuan. Fungsi tujuan ini bergantung pada sejumlah variabel masukan berupa macam-macam infrastruktur yang akan dibangun, melalui satu atau lebih kendala. Permasalahan optimasi ini memenuhi

karakteristik masalah program linear sehingga untuk optimasi perencanaan pembangunan dapat dilakukan dengan pengembangan cara program linear.

Dalam penelitian ini, pengoptimalan anggaran pembangunan infrastruktur Kabupaten Sumbawa tahun 2017 dapat diselesaikan menggunakan metode simpleks yang merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah program linear yang terdiri lebih dari dua variabel keputusan,

## **B. LANDASAN TEORI**

### **Model Program Linear**

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

Mencari nilai variabel keputusan  $x_1, x_2, \dots, x_n$  yang memaksimumkan atau meminimumkan fungsi tujuan yang linear berikut:

$$z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, n \quad (2.1)$$

dengan kendala yang linear sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} x_j \begin{pmatrix} \leq \\ = \\ \geq \end{pmatrix} b_i, i = 1, 2, \dots, m \quad (2.2)$$

dan kendala tak negatif

$$x_j \geq 0 \quad (2.3)$$

dengan :

$z$  = Fungsi tujuan,

$x_j$  = Jenis aktivitas (variabel keputusan),

$a_{ij}$  = Kebutuhan sumberdaya  $i$  untuk menghasilkan setiap unit kegiatan  $j$ ,

$b_i$  = Jumlah sumberdaya  $i$  yang tersedia,

$c_j$  = Kenaikan nilai  $z$  jika ada pertambahan satu unit kegiatan  $j$ ,

$m$  = Jumlah sumberdaya yang tersedia,

$n$  = Jumlah aktivitas (Hillier dan Lieberman, 2008).

## Bentuk Standar (Bentuk Kanonik) Program Linear

Terdapat bentuk standar yang menjadi sifat pemrograman linear, antara lain (Taha, 1996) :

- a. Semua kendala linear membentuk persamaan dengan ruas kanan yang tak negatif.
- b. Semua variabel keputusan harus merupakan variabel tak negatif.
- c. Fungsi tujuan dapat berupa maksimisasi atau minimisasi.

Berdasarkan ketentuan tersebut, cara yang dapat digunakan untuk mengubah bentuk permasalahan program linear dari bentuk asli ke dalam bentuk standar adalah :

1. Kendala linear (*linear constraint*)
  - a) Kendala linear bertanda " $\leq$ " dapat dibentuk menjadi suatu persamaan " $=$ " dengan cara menambahkan ruas kiri dengan *slack variable* (peubah penambahan). *Slack variable* digunakan untuk mewakili jumlah kelebihan ruas kanan kendala linear dibandingkan dengan ruas kirinya, sehingga dapat diartikan untuk mewakili jumlah sumber daya yang tidak dipergunakan.

Misalnya dalam batasan :

$$x_1 + 2x_2 \leq 4, \quad (2.4)$$

maka tambahan *slack variable*  $s_1 \geq 0$  ke sisi kiri untuk memperoleh persamaan:

$$x_1 + 2x_2 + s_1 = 4, \quad s_1 \geq 0. \quad (2.5)$$

- b) Kendala linear bertanda " $\geq$ " dapat dibentuk menjadi suatu persamaan " $=$ " dengan cara mengurangi ruas kiri dari pembatas linear dengan *surplus variable* (peubah penambah negatif). Pada pembatas linear bertanda " $\geq$ ", ruas kanan umumnya mewakili penetapan persyaratan minimum, sehingga *surplus variable* dapat diartikan untuk mewakili

jumlah kelebihan ruas kiri pembatas linear dibandingkan persyaratan minimumnya.

Misalkan dalam batasan :

$$3x_1 + 2x_2 - 2x_3 \geq 6. \quad (2.6)$$

Karena sisi kanan pembatas linear lebih kecil daripada sisi kirinya, maka dikurangkan dengan *surplus variables*  $s_2 \geq 0$  dari sisi kiri untuk memperoleh persamaan :

$$3x_1 + 2x_2 - 2x_3 - s_2 = 6, s_2 \geq 0. \quad (2.7)$$

- c) Ruas kanan dan kiri dari suatu persamaan dapat dijadikan bilangan tak negatif dengan cara mengalikan kedua ruas dengan -1.
- d) Arah pertidaksamaan berubah jika kedua ruas dikalikan dengan -1.
- e) Kendala linear dengan pertidaksamaan yang ruas kirinya berada dalam tanda mutlak dapat diubah menjadi dua pertidaksamaan.

## 2. Variabel keputusan

Suatu variabel keputusan  $x_i$  yang tidak terbatas dalam tanda dapat dinyatakan sebagai dua variabel keputusan tak negatif dengan menggunakan substitusi :

$$x_i = x_i^1 - x_i^2, \quad (2.8)$$

dengan  $x_i^1, x_i^2 \geq 0$ . Selanjutnya, substitusi ini harus dilakukan pada seluruh kendala linear dan fungsinya.

## 3. Fungsi tujuan

Permasalahan model pemrograman linear standar dapat berupa maksimisasi atau minimisasi. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut :

Maksimumkan  $f(x)$ ,

atau

Minimumkan  $f(x)$ .

## Metode Simpleks

### Teorema Simpleks

Dalam Sriwasito tahun 2012, metode dan langkah-langkah simpleks dijamin oleh teorema-teorema berikut:

**Teorema 2.1** *Jika ada Penyelesaian Fisibel (PF) maka penyelesaian tersebut pasti mempunyai Penyelesaian Fisibel Basis (PFB) (Danzig, 1963).*

### Teorema 2.2 (Danzig, 1963)

*Suatu  $X \in PFB \Leftrightarrow X$  titik ekstrem dari PF.*

### Teorema 2.3 (Danzig, 1963)

*Jika terdapat penyelesaian optimal maka penyelesaian optimal tersebut terletak pada titik ekstrem.*

Langkah-langkah penyelesaian masalah program linear dengan metode simpleks (Bustani, 2005):

1. Merubah fungsi kendala dari pertidaksamaan menjadi persamaan dengan menambahkan *slack variable*.
2. Memasukkan persamaan ke dalam tabel.

**Tabel 1.** Tabel simpleks dalam bentuk simbol

	$c_j$	$c_1$	$c_2$	...	$c_n$	Kuantitas	Rasio
$\bar{c}_i$	$\bar{x}_i/x_j$	$x_1$	$x_2$	...	$x_n$	$b_i$	$R_i$
$\bar{c}_1$	$\bar{x}_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1n}$	$b_1$	$R_1$
$\bar{c}_2$	$\bar{x}_2$	$a_{21}$	$a_{22}$		$a_{2n}$	$b_2$	$R_2$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\bar{c}_m$	$\bar{x}_m$	$a_{m1}$	$a_{m2}$		$a_{mn}$	$b_m$	$R_m$
	$z_j$	$z_1$	$z_2$	...	$z_n$	$z$	
	$z_j - c_j$	$z_1 - c_1$	$z_2 - c_2$	...	$z_n - c_n$	$z$	

Keterangan :

$x_j$  : variabel-variabel lengkap.

- $a_{ij}$  : koefisien teknis.
- $b_i$  : suku tetap (tak negatif).
- $c_j$  : koefisien ongkos.
- $\bar{x}_i$  : variabel yang menjadi basis dalam tabel simpleks.
- $\bar{c}_i$  : koefisien ongkos milik variabel basis  $\bar{x}_i$ .
- $z_j$  :  $\sum_{i=1}^m \bar{c}_i a_{ij}$  (hasil kali dari  $\bar{c}_i$  dengan kolom  $a_{ij}$ ).
- $z$  :  $\sum_{i=1}^m \bar{c}_i b_i$  (hasil kali dari  $\bar{c}_i$  dengan  $b_i$ ).
- $z_j - c_j$  : selisih  $z_j$  dengan  $c_j$ .

3. Mencari nilai  $z_j$  dan  $z_j - c_j$ .
4. Mencari nilai kolom kunci dengan cara :  
Pilih nilai  $z_j - c_j$  yang mempunyai nilai negatif terbesar.
5. Mencari nilai baris kunci dengan cara :

1) Mencari Rasio

$$\text{Rasio} = \frac{\text{nilai kuantitas}}{\text{nilai kolom kunci yang sebaris}}$$

- 2) Pilih Rasio dengan angka positif terkecil sebagai baris kunci.
6. Rubah variabel dasar dari baris kunci dengan variabel dasar yang terdapat di atas kolom kunci.
7. Mencari nilai baru baris kunci dengan cara :  
Membagi seluruh nilai pada baris kunci dengan angka kunci.
8. Mencari nilai baris selain baris kunci dengan cara :  
baris baru = baris lama – (koefisien kolom kunci x nilai baru baris kunci)
9. Melanjutkan perbaikan-perbaikan dengan cara evaluasi  $z_j - c_j$ . Bila  $z_j - c_j$  masih terdapat nilai negatif, maka belum optimal. Ulangi hingga menemukan  $z_j - c_j$  semua bernilai tak negatif.
10. Apabila setelah melakukan beberapa iterasi kemudian menghasilkan solusi dasar degenerasi, maka prosedur simpleks dapat dihentikan. Solusi degenerasi terjadi apabila satu atau beberapa basis berharga nol, sehingga iterasi yang dilakukan selanjutnya menjadi suatu *loop* yang akan kembali ke bentuk sebelumnya. Solusi optimal untuk iterasi berikutnya menghasilkan

solusi yang sama dengan iterasi sebelumnya. Meskipun prosedur simpleks dilakukan berulang, akan tetapi tidak memperbaiki nilai  $z$ .

Langkah-langkah di atas adalah penyelesaian untuk persoalan maksimisasi, sedangkan bila yang timbul adalah persoalan minimisasi maka caranya adalah pada langkah 1 ubah persamaan fungsi tujuan dengan cara mengalikan dengan  $-1$ , kemudian selesaikan sebagai persoalan maksimisasi. Persamaan yang minimum bila dikalikan  $-1$  akan menjadi maksimum. Oleh sebab itu bila hasil perhitungannya sudah didapat, maka harus dikalikan  $-1$  kembali untuk mendapatkan nilai minimum.

### **C. METODE PENELITIAN**

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian terapan. Dalam hal ini, yang dioptimumkan adalah penggunaan anggaran pembangunan infrastruktur Kabupaten Sumbawa tahun 2017 dengan memperhatikan jumlah anggaran masing-masing infrastruktur yang telah ditetapkan oleh Pemda, harga pengerjaan masing-masing infrastruktur, dan data infrastruktur yang belum teralisasi hingga tahun 2016.

Dalam menyelesaikan pengoptimuman penggunaan anggaran pembangunan infrastruktur Kabupaten Sumbawa tahun 2017, maka terlebih dahulu dirumuskan model program linearnya, dengan variabel sebagai berikut:

$x_1$  = Panjang pembuatan jalan yang akan dibangun (km)

$x_2$  = Volume bronjong yang akan dibangun ( $m^3$ )

$x_3$  = Panjang jalan yang akan ditingkatkan (km)

$x_4$  = Panjang jalan yang akan dipelihara (km)

$x_5$  = Volume jaringan irigasi yang akan dipelihara ( $m^3$ )

### **D. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Model Program Linear Penggunaan Anggaran APBD untuk Pembangunan Infrastruktur**

Maksimumkan  $z = 1500000000x_1 + 950000x_2 + 1200000000x_3 + 750000000x_4 + 1250000x_5$

dengan kendala

$$x_1 = 109,24$$

$$x_2 = 9539$$

$$x_3 = 104,43$$

$$x_4 = 203,85$$

$$x_5 = 17186$$

$$1500000000x_1 = 3406831500$$

$$950000x_2 = 6556472000$$

$$1200000000x_3 = 114159309650$$

$$750000000x_4 = 7485336350$$

$$1250000x_5 = 11048339000$$

$$1500000000x_1 + 950000x_2 + 1200000000x_3 + 750000000x_4 + 1250000x_5 = 142656288500$$

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

Model program linear yang telah ditentukan kemudian disusun ke dalam bentuk kanonik dan diselesaikan menggunakan metode simpleks dengan hasil sebagai berikut:

**Tabel 1.** Intensitas infrastruktur yang sebaiknya dibangun

Jenis pembangunan infrastruktur	Anggaran (Rp)	Biaya pembangunan per satuan (Rp)	Yang dapat dibangun
Pembangunan jalan	3.406.831.500	1.500.000.000	2,271 km
Pembangunan bronjong	6.556.472.000	950.000	6.901,549 m <sup>3</sup>
Peningkatan jalan	114.159.309.650	1.200.000.000	95,133 km
Pemeliharaan jalan	7.485.336.350	750.000.000	9,980 km
Pemeliharaan jaringan irigasi	11.048.339.000	1.250.000	8.838,671 m <sup>3</sup>



dengan nilai fungsi tujuan  $z = 142656288200$  .

Berdasarkan batasan masalah dan data yang diperoleh, bahwa dari total anggaran untuk lima jenis infrastruktur Rp 142.656.288.500,00, hanya bersisa Rp 300,00. Kemudian hasil manual simpleks dibandingkan dengan realisasi kerja Pemda dengan hasil sebagai berikut:

1. Realisasi Pembangunan jalan adalah 0 km
2. Realisasi pembangunan bronjong adalah 5525,15317 m<sup>3</sup>
3. Realisasi peningkatan jalan adalah 27,16 km
4. Realisasi pemeliharaan jalan adalah 6 km
5. Realisasi pemeliharaan jaringan irigasi adalah 75337 m<sup>3</sup>

Perbandingan antara hasil analisa data anggaran pembangunan infrastruktur menggunakan metode simpleks dengan hasil Evaluasi Rencana Kerja yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum (PU), memperlihatkan bahwa penyerapan anggaran pembangunan Dinas PU Kabupaten Sumbawa belum optimal karena hasil analisa model diatas menunjukkan bahwa nilai setiap variabel lebih besar dari pada nilai realisasi pembangunan yang telah dilaksanakan oleh pemerintah. Tentang infrastruktur jalan yang pembangunannya gagal dilakukan, pemda memaparkan alasan gagalnya karena tidak ada rekanan yang mengajukan penawaran selama masa tender proyek. Artinya, terlepas dari faktor-faktor lain yang mungkin mempengaruhi, dapat dikatakan bahwa pembangunan infrastruktur di Kabupaten Sumbawa belum terlaksanakan secara optimal.

#### **E. KESIMPULAN**

Dari penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Model program linear berkaitan dengan alokasi anggaran dalam pembangunan infrastruktur Kabupaten Sumbawa tahun 2017 adalah:

Memaksimumkan

$$z = 1500000000x_1 + 950000x_2 + 1200000000x_3 + 750000000x_4 + 1250000x_5$$

dengan

$x_1$  = Panjang jalan yang akan dibangun (km)

$x_2$  = Volume bronjong yang akan dibangun (m<sup>3</sup>)

$x_3$  = Panjang jalan yang akan ditingkatkan (km)

$x_4$  = Panjang jalan yang akan dipelihara (km)

$x_5$  = Volume jaringan irigasi yang akan dipelihara ( $m^3$ )

2. Hasil penyelesaian masalah program linear berkaitan dengan alokasi anggaran dalam pembangunan infrastruktur Kabupaten Sumbawa tahun 2017 dengan metode simpleks adalah sebagai berikut :
- Pembangunan jalan yakni 2,271 km
  - Pembangunan bronjong yakni 6.901,549  $m^3$
  - Peningkatan jalan yakni 95,133 km
  - Pemeliharaan jalan yakni 9,980 km
  - Pemeliharaan jaringan yakni 8.838,671  $m^3$
- dengan total anggaran Rp 142.656.288.200,00.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Agustina, F., 2009. *Metode Simpleks Direktori*, FMIPA Jurusan Pendidikan Matematika UPI, Bandung.
- Bustani, H., 2005, *Fundamental Operation research*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Dantzig, G.B., 1963, *Linear Programming and Extension*, Princenton University Press, Princenton, New Jersey.
- Dimiyati, T dan Dimiyati, A., 2004, *Operations Research Model-model Pengambilan Keputusan*, Sinar Baru Algesindo, Bandung.
- Grafinkel, R.S., G.L. Nemhauser, 1972, *Integer Programming*, John Wiley and Sons, New York.
- Haizer J., Render B., 2005, *Operations Management*, Salemba Empat, Jakarta.
- Herjanto, Eddy. 2008. *Manajemen Operasi Edisi Ketiga*. Jakarta: Grasindo.
- Hiller, F., S., dan Lieberman, G. J., 2001, *Pengantar Riset Operasi Edisi ketujuh*, Binapura Aksara, Jakarta.

- Jayadi, S., 2010, *Penyelesaian Masalah Program Linear dengan Metode Karmakar*, Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Mataram.
- Purcell, Edwin J., 2003, *Operations Research Application*, Erlangga, Jakarta.
- Schrijver, Alexander, 1998, *Theory of Linear and Integer Programming*, John Wiley & sons, New York.
- Siringoringo, Hotnair, 2005, *Seri Teknik Operasi Pemrograman Linear*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Siswanto, 2007, *Operations Research Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Sriwasito, Putut, 2012, *Sistem Aplikasi Penyelesaian Masalah Program Linear Standar Maksimal Berbasis Web Dengan Keluaran Sesuai Produk Kemasan Terkecil*, Tesis Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sugiyono, 2011, *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif dan R & D*, CV Alfabeta, Bandung.
- Supranto, J., 2009, *Riset Operasi Untuk Pengambilan Keputusan*, PT Raja Grafindo, Jakarta.
- Susanta, B., 1994, *Program Linear*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pendidikan Tenaga Guru, Yogyakarta.
- Taha, A., 1996, *Riset Operasi*, Binarupa Aksara, Jakarta.
- Winston, W.L., 2003, *Operations Research: Application*, Duxbury Press, Boston.