

# METODE SIMPLEKS

MATAKULIAH RISET OPERASIONAL

Pertemuan Ke-5

Riani Lubis

Jurusan Teknik Informatika

Universitas Komputer Indonesia

# Pendahuluan (1)

- Metode simpleks merupakan sebuah prosedur matematis berulang untuk menemukan penyelesaian optimal soal program linier.
- Digunakan jika variabel keputusan lebih besar dari dua (karena sulit menggambarkan grafik berdimensi banyak)
- Dirancang untuk menyelesaikan masalah PL yang melibatkan dua variabel atau lebih
- Prinsipnya metode ini menyelesaikan masalah PL melalui perhitungan ulang (iterasi) dimana langkah-langkah perhitungan yang sama diulang berkali-kali sampai solusi optimum diperoleh.

# Pendahuluan (2)

- Model PL harus diubah ke dalam bentuk umum (*standar form*) yang memiliki sifat-sifat :
  1. Semua pembatas harus berbentuk persamaan(=) dengan ruas kanan non-negatif
  2. Semua variabel non-negatif
  3. Fungsi tujuan dapat maksimum/minimum

# Terminologi Penting dalam Simpleks

- Variabel **Slack** :
  - Membuat nilai ruas kiri sama dengan ruas kanan pada kendala yang berupa pembatas
  - Menampung sisa kapasitas/kapasitas yang tidak digunakan pada kendala yang berupa pembatas
- Variabel **Surplus** :
  - Membuat nilai ruas kiri sama dengan nilai ruas kanan pada kendala yang berupa syarat.
  - Menampung kelebihan nilai ruas kiri pada kendala yang berupa syarat.
- Variabel **artifisial** berfungsi untuk memperluas daerah fisibel
- Variabel **non-basis** adalah variabel yang bernilai nol.
- Variabel **basis** adalah variabel yang bernilai positif

# Bentuk Standar PL

Fungsi Tujuan :

$$\text{Maks/Min} \quad Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Fungsi Pembatas :

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

.

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

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

dimana ;

$c_n$  : *cost / profit*

$x_n$  : variabel keputusan

$a_{mn}$  : parameter pembatas

$b_m$  : pembatas

# Cara Transformasi Bentuk Formulasi

## 1. Pembatas/Constrain

- Pembatas/kendala menunjukkan keterbatasan penggunaan suatu sumber daya.
- Pembatas bertanda  $\leq$  atau  $\geq$  diubah jadi persamaan (=) dengan menambahkan suatu variabel slack atau mengurangi suatu variabel surplus di ruas kiri pembatas.

### Contoh :

$X_1 + X_2 \leq 15$  ditambahkan variabel slack  $S_1 \geq 0$  pada ruas kiri sehingga diperoleh persamaan ;

$$X_1 + X_2 + S_1 = 15$$

**Contoh :**

$3X_1 + 2X_2 - 3X_3 \geq 15$  dikurangkan surplus variabel  $S_1 \geq 0$   
dan ditambahkan variabel dummy (variabel artifisial/R)  $R_1 \geq 0$   
pada ruas kiri sehingga diperoleh persamaan ;

$$3X_1 + 2X_2 - 3X_3 - S_1 + R_1 = 15$$

**Contoh :**

$3X_1 + 2X_2 = 18$  ditambahkan variabel dummy (variabel  
artifisial/R)  $R_1 \geq 0$  pada ruas kiri sehingga diperoleh  
persamaan ;

$$3X_1 + 2X_2 + R_1 = 18$$

- Ruas kanan pada persamaan yang bersifat/ bernilai negatif dapat diubah jadi positif dengan mengalikan ruas kiri & ruas kanan dengan (-1)

**Contoh** :

$$-5X_1 + X_2 = -25 \Rightarrow 5X_1 - X_2 = 25$$

- Pertidaksamaan fungsi pembatas dapat berubah arah dengan mengalikan ruas kiri & ruas kanan dengan (-1)

**Contoh** :

$$-5X_1 + X_2 \leq -25 \Rightarrow 5X_1 - X_2 \geq 25$$

- Jika fungsi pembatas mempunyai bentuk :

$$| a_{11} x_1 + a_{12} x_2 | \leq b_1$$

maka nilainya :

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 \leq b_1 \quad \text{dan} \quad -a_{11} x_1 - a_{12} x_2 \geq b_1$$

## 2. Variabel

Jika suatu variabel keputusan tidak terbatas dalam tanda, maka akan mempunyai dua nilai berdasarkan pada persamaan :

$$y_i = y_i' - y_i'' \quad \text{dimana } y_i' \text{ dan } y_i'' \geq 0$$

## 3. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan yang pada mulanya maksimasi dapat diubah jadi minimasi dengan mengalikan ruas kiri dan ruas kanan dengan negatif.

**Contoh :**

maksimumkan  $Z = 5X_1 + 2X_2 + 3X_3$

sama artinya dengan,

minimumkan  $-Z = -5X_1 - 2X_2 - 3X_3$

# Contoh :

- Kasus diambil berdasarkan kasus perusahaan kaca WYNDOR GLASS .

Fungsi Tujuan :

$$\text{Maksimasi } z = 3 X_1 + 5 X_2$$

Pembatas :

$$X_1 \leq 4$$

$$2X_2 \leq 12$$

$$3 X_1 + 2 X_2 \leq 18$$

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

- Maka penyelesaiannya adalah sebagai berikut :

# 1. Konversikan formulasi matematik awal ke bentuk standar PL

**Formulasi matematik awal :**

Fungsi Tujuan :

$$\text{Maksimasi } Z = 3 X_1 + 5 X_2$$

Fungsi Pembatas :

$$X_1 \leq 4$$

$$2X_2 \leq 12$$

$$3 X_1 + 2 X_2 \leq 18$$

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

**Formulasi Bentuk Standar PL :**

Fungsi Tujuan :

$$\text{Maksimasi } Z = 3 X_1 + 5 X_2$$

$$Z - 3 X_1 - 5 X_2 = 0$$

Fungsi Pembatas :

$$X_1 + S_1 = 4$$

$$2X_2 + S_2 = 12$$

$$3 X_1 + 2 X_2 + S_3 = 18$$

$$X_1, X_2, S_1, S_2, S_3 \geq 0$$

## 2. Nilai-nilai dalam bentuk standar dimasukkan ke dalam tabel simpleks

### Formulasi Bentuk Standar PL :

Pers.

$$(0) \quad Z - 3 X_1 - 5 X_2 \quad = 0$$

$$(1) \quad X_1 + S_1 \quad = 4$$

$$(2) \quad 2X_2 + S_2 \quad = 12$$

$$(3) \quad 3 X_1 + 2 X_2 + S_3 = 18$$

Jika berada pada pusat koordinat  $(0,0)$ , maka nilai  $X_1 = 0$  dan  $X_2 = 0$ , sedangkan nilai  $S_1 = 4$ ,  $S_2 = 12$ , dan  $S_3 = 18$ .

Maka dalam hal ini,  $X_1$  dan  $X_2$  disebut variabel non-basis karena bernilai nol. Sedangkan  $S_1$ ,  $S_2$ , dan  $S_3$  disebut variabel basis karena bernilai positif.

## Formulasi Bentuk Standar PL :

Pers.

$$(0) \quad Z - 3 X_1 - 5 X_2 = 0$$

$$(1) \quad X_1 + S_1 = 4$$

$$(2) \quad 2X_2 + S_2 = 12$$

$$(3) \quad 3 X_1 + 2 X_2 + S_3 = 18$$

## Tabel Simpleks :

| BASIS | Z | VARIABEL<br>NON-BASIS |       | VARIABEL<br>BASIS |       |       | SOLUSI<br>(RHS) |
|-------|---|-----------------------|-------|-------------------|-------|-------|-----------------|
|       |   | $X_1$                 | $X_2$ | $S_1$             | $S_2$ | $S_3$ |                 |
| Z     | 1 | -3                    | -5    | 0                 | 0     | 0     | 0               |
| $S_1$ | 0 | 1                     | 0     | 1                 | 0     | 0     | 4               |
| $S_2$ | 0 | 0                     | 2     | 0                 | 1     | 0     | 12              |
| $S_3$ | 0 | 3                     | 2     | 0                 | 0     | 1     | 18              |

RIGHT HAND SIDE

### 3. Tentukan Entering Variable (EV)

Memilih variabel non-basis yang akan memasuki variabel basis dengan cara :

- F. Tujuan maksimasi  $\rightarrow$  pilih variabel non-basis yang mempunyai nilai negatif terbesar
- F. Tujuan minimasi  $\rightarrow$  pilih variabel non-basis yang mempunyai nilai positif terbesar

ENTERING  
VARIABLE

| BASIS | Z | $X_1$ | $X_2$ | $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ | SOLUSI<br>(RHS) |
|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| Z     | 1 | -3    | -5    | 0     | 0     | 0     | 0               |
| $S_1$ | 0 | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     | 4               |
| $S_2$ | 0 | 0     | 2     | 0     | 1     | 0     | 12              |
| $S_3$ | 0 | 3     | 2     | 0     | 0     | 1     | 18              |

#### 4. Tentukan Leaving Variable (LV)

Memilih rasio yang mempunyai nilai positif terkecil yang akan meninggalkan variabel basis.

$$\text{Rasio} = \text{Solusi (RHS)} / \text{EV}$$

Titik temu dari LV dengan EV disebut “Elemen Poros”

### ITERASI 0

| BASIS          | Z | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>3</sub> | SOLUSI (RHS) |
|----------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|
| Z              | 1 | -3             | -5             | 0              | 0              | 0              | 0            |
| S <sub>1</sub> | 0 | 1              | 0              | 1              | 0              | 0              | 4            |
| S <sub>2</sub> | 0 | 0              | 2              | 0              | 1              | 0              | 12           |
| S <sub>3</sub> | 0 | 3              | 2              | 0              | 0              | 1              | 18           |

RASIO

$$4/0 = 0$$

$$12/2 = 6$$

$$18/2 = 9$$

LEAVING  
VARIABLE

ELEMEN  
POROS

## 5. Hitung nilai pada baris LV (baris kunci)

Menghitung persamaan elemen poros baru dengan cara :

$$\text{Pers. El. Poros} = \text{Pers. El. Poros Lama} / \text{El. Poros}$$

| BASIS | Z | $X_1$ | $X_2$ | $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ | SOLUSI<br>(RHS) |
|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| Z     |   |       |       |       |       |       |                 |
| $S_1$ |   |       |       |       |       |       |                 |
| $X_2$ | 0 | 0     | 1     | 0     | 1/2   | 0     | 6               |
| $S_3$ |   |       |       |       |       |       |                 |

## 6. Hitung nilai baris baru selain baris LV (baris kunci)

Menentukan persamaan baris baru selain persamaan elemen poros, dengan cara :

$$\text{Pers. Baru} = \text{Pers. Lama} - (\text{El. Kolom Entering}) \times (\text{Pers. El. Poros Baru})$$

### ITERASI 1

| BASIS | Z | $X_1$ | $X_2$ | $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ | SOLUSI (RHS) |
|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| Z     | 1 | -3    | 0     | 0     | 5/2   | 0     | 30           |
| $S_1$ | 0 | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     | 4            |
| $X_2$ | 0 | 0     | 1     | 0     | 1/2   | 0     | 6            |
| $S_3$ | 0 | 3     | 0     | 0     | -1    | 1     | 6            |

## 7. Ulangi langkah 4 s/d 7, sampai tidak ada variabel non-basis yang bertanda :

- F. Tujuan maksimasi  $\rightarrow$  bertanda negatif (-)
- F. Tujuan minimasi  $\rightarrow$  bertanda positif (+)

ITERASI 1

| BASIS | Z | $X_1$ | $X_2$ | $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ | SOLUSI (RHS) |
|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| Z     | 1 | -3    | 0     | 0     | 5/2   | 0     | 30           |
| $S_1$ | 0 | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     | 4            |
| $X_2$ | 0 | 0     | 1     | 0     | 1/2   | 0     | 6            |
| $S_3$ | 0 | 3     | 0     | 0     | -1    | 1     | 6            |

ENTERING VARIABLE

RASIO

$4/1 = 4$

$6/0 = 0$

$6/3 = 2$

LEAVING VARIABLE

ELEMEN POROS

## ITERASI 2

| BASIS          | Z | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>3</sub> | SOLUSI (RHS) |
|----------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|
| Z              | 1 | 0              | 0              | 0              | 3/2            | 1              | 36           |
| S <sub>1</sub> | 0 | 0              | 0              | 1              | 1/3            | -1/3           | 2            |
| X <sub>2</sub> | 0 | 0              | 1              | 0              | 1/2            | 0              | 6            |
| X <sub>1</sub> | 0 | 1              | 0              | 0              | -1/3           | 1/3            | 2            |

Karena variabel non-basis  $\geq 0$  semua, maka diperoleh nilai optimal :

$$X_1 = 2$$

$$X_2 = 6$$

$$Z = 36 \times \$1000 = \$36000$$

# Penyelesaian PL

- Jika semua persamaan fungsi pembatas bertanda  $\leq$  , maka diselesaikan dengan metode simpleks biasa
- Jika satu/lebih persamaan fungsi pembatas bertanda  $\geq$  atau  $=$  , maka diselesaikan dengan metoda Big M atau metoda Dua Phasa

## Contoh Dengan Simpleks Biasa :

F. Tujuan :  $\min Z = 2X_1 - 3X_2$

F. Pembatas :

$$X_1 + X_2 \leq 4$$

$$X_1 - X_2 \leq 6$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

### **Konversi ke dalam bentuk standar/kanonik**

F. Tujuan :  $\min Z = 2X_1 - 3X_2 + 0S_1 + 0S_2$

$$Z - 2X_1 + 3X_2 - 0S_1 - 0S_2 = 0$$

F. Pembatas :

$$X_1 + X_2 + S_1 = 4$$

$$X_1 - X_2 + S_2 = 6$$

$$X_1, X_2, S_1, S_2 \geq 0$$

### ITERASI 0

| BASIS          | Z | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | SOLUSI |
|----------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| Z              | 1 | -2             | 3              | 0              | 0              | 0      |
| S <sub>1</sub> | 0 | 1              | 1              | 1              | 0              | 4      |
| S <sub>2</sub> | 0 | 1              | -1             | 0              | 1              | 6      |

EV

RASIO

4

-6

LV

ELEMEN  
POROS

### ITERASI 1

| BASIS          | Z | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | SOLUSI |
|----------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| Z              | 1 | -5             | 0              | -3             | 0              | -12    |
| X <sub>2</sub> | 0 | 1              | 1              | 1              | 0              | 4      |
| S <sub>2</sub> | 0 | 2              | 0              | 1              | 1              | 10     |

Solusi Optimal :

$$X_1 = 0$$

$$X_2 = 4$$

$$Z = -12$$

# Kasus-Kasus Khusus

## 1. Degenerasi

- Persoalan ini timbul jika variabel basis mempunyai nilai nol (0) atau ruas kanan mempunyai nilai nol (0)
- Pada kasus ini kemungkinan muncul 2 hal :
  1. Pemilihan LV kembali ke langkah awal dan nilai yang dihasilkan oleh variabel keputusan & fungsi tujuan adalah sama → terjadi *loop/cycling*
  2. Degenerasi temporer ; pada ruas kanan mengandung nilai nol (0) tetapi hasil yang diperoleh pada langkah berikutnya akan menghilangkan nilai nol sehingga variabel keputusan mungkin akan berubah nilainya dan nilai fungsi tujuan akan sama dengan langkah sebelumnya
- Bila pada variabel non-basis yang telah berharga nol (0) kemudian pada iterasi berikutnya, kembali bernilai negatif (-). Maka optimalnya yang diambil adalah yang sebelumnya

## Contoh Degenerasi :

F. Tujuan : maks  $Z = 3X_1 + 9X_2$

F. Pembatas :

$$X_1 + 4X_2 \leq 8$$

$$X_1 + 2X_2 \leq 4$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

### **Konversi ke dalam bentuk standar/kanonik**

F. Tujuan : maks  $Z = 3X_1 + 9X_2 + 0S_1 + 0S_2$

$$Z - 3X_1 - 9X_2 - 0S_1 - 0S_2 = 0$$

F. Pembatas :

$$X_1 + 4X_2 + S_1 = 8$$

$$X_1 + 2X_2 + S_2 = 4$$

$$X_1, X_2, S_1, S_2 \geq 0$$

## ITERASI 0

| BASIS | Z | $X_1$ | $X_2$ | $S_1$ | $S_2$ | SOLUSI |
|-------|---|-------|-------|-------|-------|--------|
| Z     | 1 | -3    | -9    | 0     | 0     | 0      |
| $S_1$ | 0 | 1     | 4     | 1     | 0     | 8      |
| $S_2$ | 0 | 1     | 2     | 0     | 1     | 4      |

## ITERASI 1

| BASIS | Z | $X_1$  | $X_2$ | $S_1$  | $S_2$ | SOLUSI |
|-------|---|--------|-------|--------|-------|--------|
| Z     | 1 | $-3/4$ | 0     | $9/4$  | 0     | 18     |
| $X_2$ | 0 | $1/4$  | 1     | $1/4$  | 0     | 2      |
| $S_2$ | 0 | $1/2$  | 0     | $-1/2$ | 1     | 0      |

## ITERASI 2

| BASIS | Z | $X_1$ | $X_2$ | $S_1$  | $S_2$  | SOLUSI |
|-------|---|-------|-------|--------|--------|--------|
| Z     | 1 | 0     | 0     | $3/2$  | $3/2$  | 18     |
| $X_2$ | 0 | 0     | 1     | $-1/2$ | $-1/2$ | 2      |
| $X_1$ | 0 | 1     | 0     | 2      | 2      | 0      |

Karena variabel basis  $X_1 = 0$  , maka nilai optimal :

$$X_1 = \dots$$

$$X_2 = \dots$$

$$Z = \dots$$

## Contoh Degenerasi Temporer :

F. Tujuan : maks  $Z = 3X_1 + 2X_2$

F. Pembatas :

$$4X_1 + 3X_2 \leq 12$$

$$4X_1 + X_2 \leq 8$$

$$4X_1 - X_2 \leq 8$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

### **Konversi ke dalam bentuk standar/kanonik**

F. Tujuan : maks  $Z = 3X_1 + 2X_2 + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3$

$$Z - 3X_1 - 2X_2 - 0S_1 - 0S_2 - 0S_3 = 0$$

F. Pembatas :

$$4X_1 + 3X_2 + S_1 = 12$$

$$4X_1 + X_2 + S_2 = 8$$

$$4X_1 - X_2 + S_3 = 8$$

$$X_1, X_2, S_1, S_2, S_3 \geq 0$$

### ITERASI 0

| BASIS | Z | $X_1$ | $X_2$ | $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ | SOLUSI |
|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Z     | 1 | -3    | -2    | 0     | 0     | 0     | 0      |
| $S_1$ | 0 | 4     | 3     | 1     | 0     | 0     | 12     |
| $S_2$ | 0 | 4     | 1     | 0     | 1     | 0     | 8      |
| $S_3$ | 0 | 4     | -1    | 0     | 0     | 1     | 8      |

### ITERASI 1

| BASIS | Z | $X_1$ | $X_2$  | $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ | SOLUSI |
|-------|---|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| Z     | 1 | 0     | $-5/4$ | 0     | $3/4$ | 0     | 6      |
| $S_1$ | 0 | 0     | 2      | 1     | 1     | 0     | 4      |
| $X_1$ | 0 | 1     | $1/4$  | 0     | $1/4$ | 0     | 2      |
| $S_3$ | 0 | 0     | -2     | 0     | -1    | 1     | 0      |

## ITERASI 2

| BASIS | Z | $X_1$ | $X_2$ | $S_1$  | $S_2$  | $S_3$ | SOLUSI |
|-------|---|-------|-------|--------|--------|-------|--------|
| Z     | 1 | 0     | 0     | $5/8$  | $1/8$  | 0     | $17/2$ |
| $X_2$ | 0 | 0     | 1     | $1/2$  | $-1/2$ | 0     | 2      |
| $X_1$ | 0 | 1     | 0     | $-1/8$ | $3/8$  | 0     | $3/2$  |
| $S_3$ | 0 | 0     | 0     | 1      | -2     | 1     | 4      |

Nilai optimal :

$$X_1 = \dots$$

$$X_2 = \dots$$

$$Z = \dots$$

## 2. Solusi Optimum Banyak

Pada kasus ini tidak ada permasalahan pada pemilihan EV dan LV, tetapi nilai optimal yang dihasilkan pada langkah terakhir “sama” dengan nilai variabel keputusan yang berbeda

Contoh :

| BASIS | Z | $X_1$ | $X_2$ | $S_1$ | $S_2$ | SOLUSI |
|-------|---|-------|-------|-------|-------|--------|
| Z     | 1 | 0     | -3    | ...   | ...   | 30     |
| $X_1$ | 0 | 1     | 1/3   | ...   | ...   | 3      |
| $S_2$ | 0 | 0     | 2     | ...   | ...   | 2      |

| BASIS | Z | $X_1$ | $X_2$ | $S_1$ | $S_2$ | SOLUSI |
|-------|---|-------|-------|-------|-------|--------|
| Z     | 1 | ...   | ...   | ...   | ...   | 30     |
| $X_1$ | 0 | ...   | ...   | ...   | ...   | 1      |
| $X_2$ | 0 | ...   | ...   | ...   | ...   | 5      |

### 3. **Solusi Tak Terbatas**

- Pada kasus ini terdapat ruang solusi yang tidak terbatas sehingga fungsi tujuan dapat meningkat (untuk maksimasi) atau menurun (untuk minimasi) secara tidak terbatas.
- Biasanya nilai yang dimiliki oleh elemen yang ada di bawah EV bernilai satu atau nol.

### 4. **Tidak Ada Solusi Optimal (Pseudo Optimal)**

- Tidak memiliki solusi optimal. Meskipun ada, solusi optimalnya bernilai semu
- Pada kasus ini ditunjukkan dengan adanya nilai pada fungsi tujuan yang mengandung  $M$  (nilai pinalti/ variabel artifisial  $R$ )