



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI PADANG  
UJIAN MID SEMESTER**

---

<b>Mata Uji : Sistem Optimasi</b>	Tanggal :
Penguji : Zuriman Anthony, ST., MT	Waktu : 80 menit
Program : Teknik Elektro S.1	Sifat Ujian : Buka Buku

---

1. Suatu fungsi utilitas / fungsi tujuan mempunyai persamaan  
$$U = Q1.Q2 + B.Q1$$
dengan fungsi kendala:  
$$4Q1 + 2Q2 = 60$$
Berapa nilai U, Q1, dan Q2 yang optimum dari persamaan tersebut di atas dengan menggunakan Metode Substitusi/ Eliminasi ?
2. Fungsi biaya bahan bakar untuk tiga stasiun pembangkit thermal dalam satuan \$/jam yang diberikan:  
$$C_1 = 800 + B,3 P_1 + 0,004 P_1^2$$
$$C_2 = 400 + 5,5 P_2 + 0,00B P_2^2$$
$$C_3 = 200 + 4,B P_3 + 0,009 P_3^2$$
Dengan  $P_1$ ,  $P_2$  dan  $P_3$  dalam satuan MW. Beban total  $P_D$  adalah 700 MW dan batasan keluaran daya dari generator diberikan:  
$$200 \leq P_1 \leq 450$$
$$150 \leq P_2 \leq 350$$
$$100 \leq P_3 \leq 225$$
  - a. Berapa daya optimal yang dikirim dari masing-masing stasiun pembangkit hidro termal tersebut di atas ?
  - b. Berapa biaya total bahan bakar untuk 3 pembangkit ini ?
3. Sebuah sumber tenaga 3-fasa mensuplai beban 3-fasa seimbang hubungan bintang sebesar (B x 200) VA pada tegangan 381,05 V pada frekuensi 50 Hz dengan faktor daya 0,6 tertinggal. Berapa nilai kapasitor yang paling optimal dipasang secara paralel pada beban agar rugi-rugi pada saluran minimal ?

**Keterangan:**

'B' = 2 angka terakhir No. BP

Contoh : untuk BP 20310002 ..... 'B' = 2

untuk BP 20310020 ..... 'B' = 20

**SELAMAT UJIAN DAN SEMOGA BERHASIL**

## JAWABAN SOAL UJIAN MID SEMESTER

UNTUK: B = 8

### 1) JAWABAN SOAL NO. 1

#### Diketahui bahwa:

Fungsi tujuan:  $U = Q1.Q2 + B.Q1 = Q1.Q2 + 8.Q1$

dengan fungsi kendala:  $8.Q1 + 2Q2 = 60$

#### Ditanya:

Nilai U, Q1, dan Q2 yang optimum dengan menggunakan Metode Substitusi

#### Jawaban:

Dari fungsi kendala diperoleh:

$$2Q2 = -8Q1 + 60$$

$$Q2 = -4Q1 + 30$$

Selanjutnya, substitusikan nilai Q2 ke fungsi tujuan U:

$$U = Q1(-4Q1 + 30) + 8.Q1$$

$$U = -4Q1^2 + 30Q1 + 8.Q1$$

$$U = -4Q1^2 + 38 Q1$$

Kemudian, jadikan turunan pertama dari 'U' = 0

$$dU/dQ1 = -8Q1 + 38 = 0$$

$$-8Q1 + 38 = 0$$

$$Q1 = 4,75$$

Selanjutnya, masukan nilai Q1 ke persamaan Q2 sehingga diperoleh:

$$Q2 = -4Q1 + 30$$

$$Q2 = 11$$

Kemudian masukan nilai Q1 dan Q2 ini ke persamaan fungsi tujuan sehingga diperoleh hasil:

$$U = Q1.Q2 + 8.Q1$$

$$= (4,75 \times 11) + (8 \times 4,75) = 52,25 + 38$$

$$U = 90,25$$

## 2) JAWABAN SOAL NO. 2

### Diketahui bahwa:

3 buah pembangkit termal mempunyai fungsi biaya bahan bakar dalam satuan \$/jam sebagai berikut.

$$C_1 = 800 + 8,3 P_1 + 0,004 P_1^2$$

$$C_2 = 400 + 5,5 P_2 + 0,008 P_2^2$$

$$C_3 = 200 + 4,8 P_3 + 0,009 P_3^2$$

Dengan  $P_1$ ,  $P_2$  dan  $P_3$  dalam satuan MW.

Beban total  $P_D$  adalah 700 MW, dengan batasan keluaran daya dari generator diberikan:

$$200 \leq P_1 \leq 450$$

$$150 \leq P_2 \leq 350$$

$$100 \leq P_3 \leq 225$$

### Ditanya:

Berapa  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  dan  $C_T$  ?

### Jawaban:

Kita ambil harga estimasi awal lambda  $\lambda^{(1)} = 6,0$  \$/jam. Sebagai iterasi pertama dari persamaan (2.10) didapatkan:

$$P_1^{(1)} = \frac{6,0 - 8,3}{2(0,004)} = -287,5 MW, \text{ berarti generator 1 dimatikan}$$

$$P_2^{(1)} = \frac{6,0 - 5,5}{2(0,008)} = 31,25 MW$$

$$P_3^{(1)} = \frac{6,0 - 4,8}{2(0,009)} = 66,67 MW$$

Dengan  $P_D = 700$  MW, maka dari persamaan (2.16) dan persamaan (2.18) didapatkan hasil:

$$\Delta P^{(1)} = 700 - (31,25 + 66,67) = 602,08 MW$$

$$\Delta \lambda^{(1)} = \frac{602,08}{\frac{1}{2(0,008)} + \frac{1}{2(0,009)}} = \frac{602,08}{62,5 + 55,56} = 5,1 \$ / MW - jam$$

Nilai  $\lambda$  baru adalah:

$$\lambda^{(2)} = 6 + 5,1 = 11,1 \$ / MW - jam$$

Proses selanjutnya, iterasi kedua ditentukan dengan :

$$P_2^{(2)} = \frac{11,1 - 5,5}{2(0,008)} = 350 \text{ MW}$$

$$P_3^{(2)} = \frac{11,1 - 4,8}{2(0,009)} = 350 \text{ MW}$$

Dan dari hasil di atas terlihat bahwa pembangkit  $P_3 = 350 \text{ MW}$  yang melebihi batas keluaran generator. Oleh karena itu  $P_3$  hanya dibebani sebesar  $225 \text{ MW}$ , sehingga:

$$\Delta P^{(2)} = 700 - (350 + 225) = 125 \text{ MW}$$

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh  $\Delta P^{(2)} = 125 \text{ MW}$  yang dicapai dalam dua iterasi, tetapi pembangkit  $P_2$  dan  $P_3$  tidak bisa dibebani lagi sehingga pembangkit  $P_1$  terpaksa dihidupkan lagi untuk mensuplai kebutuhan beban sebesar  $125 \text{ MW}$  lagi.

**a. Jadi daya optimal yang dikirim dari masing-masing stasiun pembangkit adalah:**

$$P_1 = 125 \text{ MW}$$

$$P_2 = 350 \text{ MW}$$

$$P_3 = 225 \text{ MW}$$

Dan **biaya tambahan bahan bakar** adalah sebesar:

$$\lambda = 11,1 \text{ \$/MW - jam}$$

**b. Biaya total bahan bakar** didapat seperti berikut.

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

$$C_T = [800 + 8,3(125) + 0,004(125)^2] + [400 + 5,5(350) + 0,008(350)^2]$$

$$+ [200 + 4,8(225) + 0,009(225)^2]$$

$$= (800 + 1.037,5 + 62,5) + (400 + 1.925 + 980)$$

$$+ (200 + 1.080 + 455,625)$$

$$C_T = 6.940,63 \text{ \$/jam}$$

### 3) JAWABAN SOAL NO. 3:

**Diketahui bahwa:**

faktor daya =  $\cos \varphi = 0,6$  tertinggal

maka:  $\varphi = 53,13$

$\sin \varphi = \sin (53,13) = 0,8$

$S_L = 8 \times 200 = 1600 \text{ VA}$

$V_{LL} = 381,05 \text{ V}$ , maka  $V_{LN} = 220 \text{ V}$

**Ditanya:**

C = ? (agar rugi-rugi saluran minimal)

**Jawaban:**

$$Q_L = S_L \cdot \sin(\varphi) = 1600 \cdot 0,8 = 1.280 \text{ VAR}$$

Agar nilai kapasitor yang diberikan optimal, maka kapasitor yang diberikan harus dipasang paralel dengan beban yang menghasilkan daya reaktif total sama dengan daya reaktif pada beban. Karena kapasitor dipasang pada masing-masing fasa, maka:

$$Q_C = 1.280 / 3 = 426,67 \text{ VAR}$$

$$I_C = Q_C / V_{LN} = 426,67 / 220 = 1,94 \text{ A}$$

$$X_C = Q_C / (I_C)^2 = 426,67 / (1,94)^2 = 113,37 \text{ ohm}$$

Dan selanjutnya, besar kapasitas kapasitor yang dipasang adalah:

$$C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{2 \cdot (3,14) \cdot 50 \cdot 113,37} = 28,09 \mu\text{F}$$



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI PADANG  
UJIAN AKHIR SEMESTER**

---

<b>Mata Uji : Sistem Optimasi</b>	Tanggal :
Penguji : Zuriman Anthony, ST., MT	Waktu : 80 menit
Program : Teknik Elektro S.1	Sifat Ujian : Buka Buku

---

1. Sebuah motor induksi 3-fase rotor belitan, 380 V, 50 Hz, 1425 rpm, 4 kutup, mempunyai data perfasa:  $X_1 = X_2' = 'B'$  ohm,  $R_1 = R_2' = 1$  ohm,  $X_m = 200$  ohm.
- Berapa besar slip pada motor saat motor mencapai torsi maksimum ?
  - Berapa tahanan eksternal yang harus ditambahkan pada rotor agar diperoleh torsi start maksimum pada motor jika rasio perbandingan tahanan stator terhadap rotor = 10 ?

2. Tentukan nilai minimum dari:  $Z = 5y_1 + 4y_2$   
yang memenuhi persamaan:
- $$3y_1 + 3y_2 \geq 30$$
- $$6y_1 + 4y_2 \geq 24$$
- $$(B+1)y_1 + 12y_2 \geq 36$$
- $$y_1, y_2 \geq 0$$

3. Maksimumkan dengan menggunakan metode DUAL :
- $$Z = 40x_1 + 20x_2 + 50x_3$$
- Terikat pada:
- $$4x_1 + 3x_2 + 7x_3 \leq 20$$
- $$2x_1 + 4x_2 + (B+2)x_3 \leq 60,$$
- $$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

**Keterangan:**

'B' = 2 angka terakhir No. BP

Contoh : untuk BP 20310002 ..... 'B' = 2

untuk BP 20310020 ..... 'B' = 20

**SELAMAT UJIAN DAN SEMOGA BERHASIL**

## JAWABAN SOAL UJIAN AKHIR SEMESTER

UNTUK: B = 8

### 1) JAWABAN SOAL NO. 1

**Diketahui bahwa:**

$$V_{LL} = 380 \text{ V}, f = 50 \text{ Hz}, N_r = 1425 \text{ rpm}$$

$$X_1 = X_2' = 8 \text{ ohm}, R_1 = R_2' = 1 \text{ ohm}, X_m = 200 \text{ ohm}$$

$$a = 10$$

**Ditanya:**

- a. slip (s) saat torsi maksimum
- b.  $R_{eks}$  saat torsi start maksimum

**Jawaban:**

- a. saat torsi maksimum slip 's' dicapai saat  $R_2'/s = X_2'$

maka:

$$s = R_2'/X_2' = 1/8 = 0,125$$

- b. torsi start maksimum dicapai saat  $R_2' = X_2'$

maka:  $R_2' = 8 \text{ ohm}$  dan  $R'_{eks} = 8 - 1 = 7 \text{ ohm}$ .

Oleh karena  $a^2 = R'_{eks} / R_{eks}$  maka:

$$R_{eks} = 7 / a^2 = 7 / 100 = 0,07 \text{ ohm}$$

### 2) JAWABAN SOAL NO. 2

**Diketahui bahwa:**

$$Z = 5y_1 + 4y_2$$

yang memenuhi persamaan:

$$3y_1 + 3y_2 \geq 30 \dots\dots\dots (1)$$

$$6y_1 + 4y_2 \geq 24 \dots\dots\dots (2)$$

$$9y_1 + 12x_2 \geq 36 \dots\dots\dots (3)$$

$$y_1, y_2 \geq 0$$

**Ditanya:**

Berapa nilai Z minimum ?

**Jawaban:**

\* dari persamaan (1)

- saat  $y_1 = 0$ , maka  $y_2 = 30 / 3 = 10$

- saat  $y_2 = 0$ , maka  $y_1 = 30 / 3 = 10$

\* dari persamaan (2)

- saat  $y_1 = 0$ , maka  $y_2 = 24 / 4 = 6$

- saat  $y_2 = 0$ , maka  $y_1 = 24 / 6 = 4$

\* dari persamaan (3)

- saat  $y_1 = 0$ , maka  $y_2 = 36 / 12 = 3$

- saat  $y_2 = 0$ , maka  $y_1 = 36 / 9 = 4$

Dari hasil ketiga persamaan di atas diperoleh bahwa tidak terjadi perpotongan garis antara persamaan 1 dengan persamaan lain (karena nilai tertinggi yang memenuhi persamaan  $\geq$  semuanya lebih kecil dari 10). Oleh karena itu dari  $Z = 5y_1 + 4y_2$  akan diperoleh:

- Untuk nilai  $y_1 = 0$  dan  $y_2 = 10$ , maka  $Z = (5 \times 0) + (4 \times 10) = 40$

- Untuk nilai  $y_1 = 10$  dan  $y_2 = 0$ , maka  $Z = (5 \times 10) + (4 \times 0) = 50$

Oleh karena itu, maka nilai **Z minimum yang memenuhi syarat** adalah:

**$Z = 40$ , dengan nilai  $y_1 = 0$  dan  $y_2 = 10$**

**3) JAWABAN SOAL NO. 3**

**Diketahui bahwa:**

Maksimumkan  $Z = 40x_1 + 20x_2 + 50x_3$

Terikat pada:

$$4x_1 + 3x_2 + 7x_3 \leq 20$$

$$2x_1 + 4x_2 + 10x_3 \leq 60,$$

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

**Ditanya:**

Z maksimum dengan metode DUAL ?

**Jawaban:**

Dengan metode DUAL maka persamaan primalnya menjadi:

**Minimumkan:  $C = 20z_1 + 60z_2$**

Yang terikat pada:

$$4z_1 + 2z_2 \geq 40 \dots\dots (1)$$

$$3z_1 + 4z_2 \geq 20 \dots\dots(2)$$

$$7z_1 + 10z_2 \geq 50 \dots\dots(3)$$

$$z_1, z_2 \geq 0$$

Kemudian akan diperoleh:

\* dari persamaan (1)

- saat  $z_1 = 0$ , maka  $z_2 = 40 / 2 = 20$

- saat  $z_2 = 0$ , maka  $z_1 = 40 / 4 = 10$

\* dari persamaan (2)

- saat  $z_1 = 0$ , maka  $z_2 = 20 / 4 = 5$

- saat  $z_2 = 0$ , maka  $z_1 = 20 / 3 = 6,67$

\* dari persamaan (3)

- saat  $z_1 = 0$ , maka  $z_2 = 50 / 10 = 5$

- saat  $z_2 = 0$ , maka  $z_1 = 50 / 7 = 7,14$

Dari hasil ketiga persamaan di atas diperoleh bahwa tidak terjadi perpotongan garis antara persamaan 1 dengan persamaan lain (karena nilai tertinggi yang memenuhi persamaan  $\geq$  semuanya lebih kecil dari 20 dan 10). Oleh karena itu dari  $C = 20z_1 + 60z_2$  akan diperoleh:

- Untuk nilai  $z_1 = 0$  dan  $z_2 = 20$ , maka  $C = (20 \times 0) + (60 \times 20) = 1200$

- Untuk nilai  $z_1 = 10$  dan  $z_2 = 0$ , maka  $Z = (20 \times 10) + (6 \times 0) = 200$

Oleh karena itu, maka nilai **C minimum yang memenuhi syarat** adalah:

**C = 200.**

Oleh karena nilai  $C = 200$ , maka:

**nilai Z maksimum = 200.**