

KUMPULAN SOAL TERJAWAB (SOLVED PROBLEMS)

MINGGU 11: EKONOMI OPERASI & OPTIMAL POWER FLOW

Dasar-Dasar Sistem Tenaga Listrik (TTL-305) • Taksonomi Bloom C1 s.d C6

Panduan Bloom (C1 - C6)

Latihan soal beserta solusi lengkap (*solved problems*) Minggu 11 mencakup kurva biaya pembangkitan, *Economic Dispatch* metode Lagrange Multipliers, *Penalty Factors*, dan eksekusi *Optimal Power Flow* (OPF).

Level C1: Pengetahuan / Mengingat (Remembering)

Soal 11.1 (C1): Definisi Biaya Inkremental (Incremental Cost)

Tuliskan bentuk umum fungsi kuadratik biaya bahan bakar pembangkit $C_i(P_i)$ dan definisikan persamaan biaya inkremental ($\lambda = \frac{dC_i}{dP_i}$)!

Solusi 11.1: Fungsi biaya pembangkitan:

$$C_i(P_i) = \alpha_i + \beta_i P_i + \gamma_i P_i^2 \quad [\text{Rp/jam atau \$/jam}]$$

Biaya inkremental (λ_i):

$$\lambda_i = \frac{dC_i}{dP_i} = \beta_i + 2\gamma_i P_i \quad [\text{Rp/MWh atau \$/MWh}]$$

Level C2: Pemahaman / Memahami (Understanding)

Soal 11.2 (C2): Prinsip Kesamaan Biaya Inkremental

Jelaskan mengapa pengoperasian *Economic Dispatch* tanpa rugi-rugi transmisi mensyaratkan seluruh generator beroperasi pada nilai biaya inkremental yang sama ($\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_n = \lambda$)!

Solusi 11.2: Berdasarkan pengali Lagrange (*Lagrange Multipliers*), jika salah satu generator memiliki biaya inkremental lebih rendah ($\lambda_1 < \lambda_2$), biaya total dapat dikurangi dengan mengalihkan beban dari unit 2 ke unit 1. Titik minimum biaya total tercapai tepat saat biaya inkremental semua unit bernilai seragam.

Level C3: Penerapan / Mengaplikasikan (Applying)

Soal 11.3 (C3): Economic Dispatch 2 Unit Tanpa Rugi-Rugi

Dua unit pembangkit memiliki kurva biaya: $C_1(P_1) = 500 + 10P_1 + 0.008P_1^2$, $C_2(P_2) = 400 + 8P_2 + 0.010P_2^2$. Hitung pembagian beban P_1 dan P_2 untuk melayani total beban $P_D = 400$ MW!

Solusi 11.3:

$$\frac{dC_1}{dP_1} = 10 + 0.016P_1 = \lambda \implies P_1 = \frac{\lambda - 10}{0.016}$$

$$\frac{dC_2}{dP_2} = 8 + 0.020P_2 = \lambda \implies P_2 = \frac{\lambda - 8}{0.020}$$

$$P_1 + P_2 = 400 \implies \frac{\lambda - 10}{0.016} + \frac{\lambda - 8}{0.020} = 400$$

$$62.5(\lambda - 10) + 50(\lambda - 8) = 400 \implies 112.5\lambda - 1025 = 400 \implies 112.5\lambda = 1425 \implies \lambda = 12.667 \text{ \$/MWh}$$

$$P_1 = \frac{12.667 - 10}{0.016} = 166.67 \text{ MW}, \quad P_2 = \frac{12.667 - 8}{0.020} = 233.33 \text{ MW}$$

Level C4: Analisis (Analyzing)

Soal 11.4 (C4): Economic Dispatch dengan Penalty Factor Transmisi

Unit 1 memiliki $\lambda_1 = 12$ \\$/MWh dengan *Penalty Factor* $L_1 = 1.0$. Unit 2 memiliki $\lambda_2 = 10$ \\$/MWh dengan $L_2 = 1.25$. Tentukan unit mana yang harus ditambah pembebanannya!

Solusi 11.4:

$$\lambda_{eff,1} = L_1 \cdot \lambda_1 = 1.0 \times 12 = 12 \text{ \$/MWh}$$

$$\lambda_{eff,2} = L_2 \cdot \lambda_2 = 1.25 \times 10 = 12.5 \text{ \$/MWh}$$

Karena $\lambda_{eff,1} < \lambda_{eff,2}$, meskipun biaya inkremental murni Unit 1 lebih mahal, rugi-rugi transmisi Unit 2 yang besar membuat daya efektif Unit 1 lebih murah. Pembebanan Unit 1 harus ditingkatkan.

Level C5: Evaluasi (Evaluating)

Soal 11.5 (C5): Evaluasi Penghematan Biaya Economic Dispatch

Evaluasi penghematan biaya total/jam antara alokasi *Economic Dispatch* (Soal 11.3) dibandingkan alokasi beban rata ($P_1 = P_2 = 200$ MW)!

Solusi 11.5: - ****Biaya Beban Rata (200 MW + 200 MW):****

$$C_1(200) = 500 + 2000 + 320 = 2820 \text{ \$/jam}, \quad C_2(200) = 400 + 1600 + 400 = 2400 \text{ \$/jam} \implies C_{total} = 5220 \text{ \$/jam}$$

- ****Biaya Economic Dispatch (166.67 MW + 233.33 MW):****

$$C_1(166.67) = 500 + 1666.7 + 222.2 = 2388.9 \text{ \$/jam}, \quad C_2(233.33) = 400 + 1866.6 + 544.4 = 2811.0 \text{ \$/jam}$$

Penghematan langsung mencapai ****20.1\\$/jam * atau * 176.076/tahun****.

Level C6: Kreasi / Sintesis (Creating)

Soal 11.6 (C6): Skrip MATPOWER RunOPF Optimal Power Flow

Buat skrip Octave untuk memanggil fungsi 'runopf' MATPOWER dan menampilkan harga marginal lokasi (*Locational Marginal Pricing* / LMP)!

Solusi 11.6:

```
1 clear; clc;
2 mpc = loadcase('case3bus');
3 % Set Koefisien Biaya Pembangkit P1 & P2
4 mpc.gencost = [
5     2  0  0  3  0.008  10  500;
6     2  0  0  3  0.010   8  400;
7 ];
8 results = runopf(mpc);
9 fprintf('LMP_Bus_1=%.2f\$/MWh\n', results.bus(1, 14));
10 fprintf('LMP_Bus_2=%.2f\$/MWh\n', results.bus(2, 14));
```