

KUMPULAN SOAL TERJAWAB (SOLVED PROBLEMS)

MINGGU 4: SALURAN TRANSMISI PENDEK & MENENGAH

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

Panduan Kognitif Taksonomi Bloom (C1 - C6)

Dokumen ini menyajikan latihan soal lengkap beserta solusi penyelesaian (*solved problems*) Minggu 4 mencakup 6 tingkat kognitif Bloom: C1 Mengingat, C2 Memahami, C3 Mengaplikasikan, C4 Menganalisis, C5 Mengevaluasi, dan C6 Merancang.

Level C1: Pengetahuan / Mengingat (Remembering)

Soal 4.1 (C1): Klasifikasi Jarak Saluran Transmisi

Sebutkan pengelompokan saluran transmisi udara berdasarkan panjang fisiknya beserta asumsi pemodelan utamanya!

Solusi 4.1:

1. **Saluran Pendek ($L < 80$ km):** Kapasitansi C diabaikan, hanya memperhitungkan resistansi R dan induktansi L .
2. **Saluran Menengah ($80 \text{ km} \leq L \leq 250$ km):** Kapasitansi terpusat sebagai model Nominal- π atau Nominal-T.
3. **Saluran Panjang ($L > 250$ km):** Parameter R, L, C terdistribusi merata, dimodelkan dengan fungsi hiperbolik.

Level C2: Pemahaman / Memahami (Understanding)

Soal 4.2 (C2): Pengertian Sifat Matriks ABCD

Jelaskan arti dari syarat simetris ($A = D$) dan syarat timbal-balik / resiprositas ($AD - BC = 1$) pada matriks parameter ABCD jaringan transmisi!

Solusi 4.2:

- **Syarat Simetris ($A = D$):** Menunjukkan bahwa jaringan memiliki karakteristik impedansi dan struktur yang persis sama jika dilihat dari terminal pengirim (S) maupun penerima (R).
- **Syarat Resiprositas ($AD - BC = 1$):** Berasal dari sifat timbal-balik linier sirkuit pasif tanpa sumber independen internal. Menjamin konservasi energi dan pertukaran sinyal bolak-balik antara ujung penerima dan pengirim.

Level C3: Penerapan / Mengaplikasikan (Applying)

Soal 3.3 (C3): Saluran Transmisi Pendek 150 kV

Saluran transmisi 3-fasa 150 kV sepanjang 50 km menyalurkan daya 80 MW pada faktor daya 0.85 *lagging*. Impedansi per fasa $z = 0.15 + j0.40 \Omega/\text{km}$. Hitung tegangan pengirim (V_S) dan regulasi tegangan!

Solusi 3.3:

a) Impedansi Total Arus Saluran:

$$Z = (0.15 + j0.40) \times 50 = 7.5 + j20 \Omega$$

$$V_R = \frac{150.000}{\sqrt{3}} = 86.602, 54 \text{ V}$$

$$I_R = \frac{80 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 150.000 \times 0.85} = 362.36 \angle -31.79^\circ \text{ A} = 307.95 - j190.89 \text{ A}$$

b) Tegangan Pengirim (V_S):

$$V_S = V_R + I_R Z = 86.602, 54 + (307.95 - j190.89)(7.5 + j20)$$

$$V_S = 86.602, 54 + (2309.625 + j6159.0 + 3817.8 - j1431.625) = 92.729, 96 + j4727.37 \text{ V}$$

$$|V_S| = \sqrt{92729.96^2 + 4727.37^2} = 92.850 \text{ V} \quad (\text{Tegangan Saluran } V_{S,L} = \sqrt{3} \times 92.85 = 160.82 \text{ kV})$$

c) Regulasi Tegangan (VR):

$$VR = \frac{|V_S| - |V_R|}{|V_R|} \times 100\% = \frac{92.850 - 86.602}{86.602} \times 100\% = 7.21\%$$

Level C4: Analisis (Analyzing)

Soal 4.4 (C4): Matriks ABCD Model Nominal- π Saluran Menengah

Saluran transmisi 150 km, 150 kV memiliki $Z = 20 + j60 \Omega$ dan admitansi kapasitif total $Y = j4 \times 10^{-4} \text{ S}$. Hitunglah elemen matriks ABCD model Nominal- π !

Solusi 4.4:

1. **Perhitungan Parameter A dan D :**

$$A = D = 1 + \frac{ZY}{2} = 1 + \frac{(20 + j60)(j4 \times 10^{-4})}{2} = 1 + \frac{-0.024 + j0.008}{2} = 0.988 + j0.004$$

2. **Parameter B :**

$$B = Z = 20 + j60 \Omega$$

3. **Parameter C :**

$$C = Y \left(1 + \frac{ZY}{4} \right) = j4 \times 10^{-4} \left(1 + \frac{-0.024 + j0.008}{4} \right)$$
$$C = j4 \times 10^{-4} (0.994 + j0.002) = -0.0000008 + j0.0003976 \text{ S}$$

Level C5: Evaluasi (Evaluating)

Soal 4.5 (C5): Perbandingan Kinerja Nominal- π vs Nominal-T

Evaluasi perbedaan hasil perkiraan tegangan pengirim V_S antara model Nominal- π dan Nominal-T saat mengalirkan arus beban penuh!

Solusi 4.5: Kedua model Nominal- π dan Nominal-T secara teori memberikan nilai perataan yang sangat presisi ($< 0.1\%$ selisih). Namun model Nominal- π lebih populer dan direkomendasikan pada simulasi komputer modern (seperti MATPOWER) karena penempatan admitansi di busbar mempermudah penyusunan matriks admitansi bus (Y_{bus}) tanpa menambah jumlah bus internal buatan.

Level C6: Kreasi / Sintesis (Creating)

Soal 4.6 (C6): Skrip Octave Parameter ABCD Regulasi Tegangan

Rancang skrip GNU Octave untuk menghitung otomatis matriks ABCD saluran menengah dan regulasi tegangan pada berbagai faktor daya!

Solusi 4.6:

```
1 %  
    =====  
2 % SKRIP OCTAVE: KALKULASI SALURAN MENENGAH NOMINAL-PI (C6)  
3 %  
    =====  
4 clear; clc;  
5  
6 Z = 20 + 60j;           % Impedansi Total (Ohm)  
7 Y = 4e-4j;             % Admitansi Total (S)  
8  
9 A = 1 + (Z*Y)/2;  
10 B = Z;  
11 C = Y * (1 + (Z*Y)/4);  
12 D = A;  
13  
14 VR = 150e3 / sqrt(3);   % Tegangan Penerima (LN)  
15 PR = 100e6;             % Daya Aktif 100 MW  
16 pf = 0.9;  
17 IR = PR / (sqrt(3) * 150e3 * pf) * exp(-j*acos(pf));  
18  
19 VS = A*VR + B*IR;  
20 V_noload = abs(VS) / abs(A);  
21 reg = ((V_noload - VR) / VR) * 100;  
22  
23 fprintf('VS= %.2f kV (Line-to-Line)\n', abs(VS)*sqrt(3)/1e3);  
24 fprintf('Regulasi Tegangan= %.2f%%\n', reg);
```