

KUMPULAN SOAL TERJAWAB (SOLVED PROBLEMS)

MINGGU 3: TRANSFORMATOR DAYA & KONEKSI 3-FASA

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 3 mencakup 6 tingkat kognitif Bloom: C1 Mengingat, C2 Memahami, C3 Mengaplikasikan, C4 Menganalisis, C5 Mengevaluasi, dan C6 Merancang.

Level C1: Pengetahuan / Mengingat (Remembering)

Soal 3.1 (C1): Penyebab Rugi-Rugi Inti Trafo

Sebutkan 2 jenis rugi-rugi inti (*core losses*) yang terjadi pada transformator daya serta jelaskan bagaimana pabrikan menekan kedua rugi-rugi tersebut!

Solusi 3.1:

1. **Rugi-rugi Histeresis (P_h):** Disebabkan oleh gesekan molekuler saat bolak-balik pembalikan domain magnetik pada inti besi. Ditekan dengan menggunakan bahan inti besi berpemasakan baja silikon berkualitas tinggi (*grain-oriented silicon steel*).
2. **Rugi-rugi Arus Pusar / Eddy Current (P_e):** Disebabkan oleh timbulnya arus pusar induksi di dalam inti besi konduktif. Ditekan dengan merancang inti berupa lembaran-lembaran laminasi tipis yang diisolasi satu sama lain.

Level C2: Pemahaman / Memahami (Understanding)

Soal 3.2 (C2): Pergeseran Fasa Koneksi Trafo Dyn11

Jelaskan arti kode grup vektor **Dyn11** pada transformator distribusi dan gambarkan pergeseran fasa antara tegangan fasa primer dan sekunder!

Solusi 3.2:

- **D:** Sisi tegangan tinggi (primer) terhubung **Delta** (Δ).
- **y:** Sisi tegangan rendah (sekunder) terhubung **Bintang** (**Y**).
- **n:** Sisi Bintang dilengkapi kawat **Netral** yang ditarik keluar.
- **11:** Menunjukkan posisi jarum jam ($11 \times 30^\circ = 330^\circ$ atau $+30^\circ$), artinya tegangan sekunder **mendahului** (*leading*) sebesar 30° terhadap tegangan primer.

Level C3: Penerapan / Mengaplikasikan (Applying)

Soal 3.3 (C3): Efisiensi Transformator 1-Fasa

Sebuah transformator 1-fasa 100 kVA, 2400 V/240 V memiliki rugi-rugi inti beban- nol $P_{core} = 800$ W dan rugi-rugi tembaga beban-penuh $P_{cu} = 1200$ W. Hitung efisiensi transformator pada beban penuh (100%) dengan faktor daya $\cos \theta = 0.80$ *lagging*!

Solusi 3.3:

$$\begin{aligned}P_{out} &= S \times \cos \theta = 100 \text{ kVA} \times 0.80 = 80 \text{ kW} = 80.000 \text{ W} \\P_{total_loss} &= P_{core} + P_{cu} = 800 \text{ W} + 1200 \text{ W} = 2000 \text{ W} = 2 \text{ kW} \\ \eta &= \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{total_loss}} \times 100\% = \frac{80}{80 + 2} \times 100\% = \frac{80}{82} \times 100\% = 97.56\%\end{aligned}$$

Level C4: Analisis (Analyzing)

Soal 3.4 (C4): Derivasi Beban Efisiensi Maksimum Trafo

Turunkan persamaan faktor pembebanan $x = \frac{S}{S_{rating}}$ yang menghasilkan efisiensi maksimum pada transformator daya, dan hitung efisiensi maksimum trafo dari Soal 3.3!

Solusi 3.4:

1. Derivasi Matematika:

$$\eta(x) = \frac{x \cdot S \cdot \cos \theta}{x \cdot S \cdot \cos \theta + P_{core} + x^2 P_{cu}}$$

Efisiensi maksimum dicapai saat turunan $\frac{d\eta}{dx} = 0$, yang menghasilkan syarat:

$$P_{core} = x^2 P_{cu} \implies x_{opt} = \sqrt{\frac{P_{core}}{P_{cu}}}$$

2. Kalkulasi Efisiensi Maksimum Trafo Soal 3.3:

$$x_{opt} = \sqrt{\frac{800}{1200}} = \sqrt{0.6667} = 0.8165 \quad (81.65\% \text{ dari beban penuh})$$

$$P_{out,opt} = 0.8165 \times 100 \text{ kVA} \times 0.80 = 65.32 \text{ kW}$$

$$P_{losses,opt} = P_{core} + x_{opt}^2 P_{cu} = 800 + (0.8165)^2 (1200) = 800 + 800 = 1600 \text{ W} = 1.6 \text{ kW}$$

$$\eta_{max} = \frac{65.32}{65.32 + 1.6} \times 100\% = 97.61\%$$

Level C5: Evaluasi (Evaluating)

Soal 3.5 (C5): Autotransformator vs Trafo Dua Lilitan

Evaluasi efisiensi dan penghematan tembaga jika trafo 100 kVA, 2400 V/240 V dihubungkan sebagai autotransformator penaik tegangan 2400 V $\rightarrow$ 2640 V!

Solusi 3.5:

1. **Kapasitas Autotransformator (S_{auto}):** Arus sekunder lilitan seri $I_2 = \frac{100 \text{ kVA}}{240 \text{ V}} = 416.67 \text{ A}$.

$$S_{auto} = V_{high} \cdot I_2 = 2640 \text{ V} \times 416.67 \text{ A} = 1.100 \text{ kVA} = 1.1 \text{ MVA}$$

Kapasitas trafo meningkat **11 kali lipat** dari 100 kVA menjadi 1100 kVA!

2. **Evaluasi Efisiensi:** Rugi-rugi fisik internal tetap 2 kW.

$$\eta_{auto} = \frac{1100 \times 0.80}{(1100 \times 0.80) + 2} \times 100\% = \frac{880}{882} \times 100\% = 99.77\%$$

Efisiensi melonjak tinggi dari 97.56% menjadi 99.77%.

Level C6: Kreasi / Sintesis (Creating)

Soal 3.6 (C6): Skrip Octave Rangkaian Ekuivalen Tes Trafo

Rancang skrip Octave untuk menghitung parameter rangkaian ekuivalen trafo dari data Tes Uji Beban Nol (*Open Circuit Test*) dan Tes Uji Hubung Singkat (*Short Circuit Test*)!

Solusi 3.6:

```
1 %  
    =====  
2 % SKRIP OCTAVE: KALKULASI PARAMETER TEST TRAF0 (SOAL C6)  
3 %  
    =====  
4 clear; clc;  
5  
6 % DATA OPEN CIRCUIT TEST (Sisi Low Voltage 240V)  
7 Voc = 240; Ioc = 4.0; Poc = 200;  
8 % DATA SHORT CIRCUIT TEST (Sisi High Voltage 2400V)  
9 Vsc = 120; Isc = 41.67; Psc = 1200;  
10  
11 % 1. PARAMETER INTI (Rc & Xm) dari OC Test  
12 S_oc = Voc * Ioc;  
13 pf_oc = Poc / S_oc;  
14 Ic = Ioc * pf_oc;  
15 Im = Ioc * sin(acos(pf_oc));  
16 Rc = Voc / Ic;  
17 Xm = Voc / Im;  
18  
19 % 2. PARAMETER LILITAN (Req & Xeq) dari SC Test  
20 Req_hv = Psc / (Isc^2);  
21 Zeq_hv = Vsc / Isc;  
22 Xeq_hv = sqrt(Zeq_hv^2 - Req_hv^2);  
23  
24 fprintf('===PARAMETER_RANGKAIAN_EKIVALEN_TRAFO===\n');  
25 fprintf('Rc_(Sisi_LV)_=_%.2f_Ohm\n', Rc);  
26 fprintf('Xm_(Sisi_LV)_=_%.2f_Ohm\n', Xm);  
27 fprintf('Req_(Sisi_HV)_=_%.3f_Ohm\n', Req_hv);  
28 fprintf('Xeq_(Sisi_HV)_=_%.3f_Ohm\n', Xeq_hv);
```