PROBLEM SET 2 (TUGAS MANDIRI TERSTRUKTUR – EDISI LENGKAP)

Mata Kuliah: Teknik Tenaga Listrik (2/3 SKS – Semester 3)

Topik Minggu 2: Transformator 1-Fasa Ideal & Nyata, Parameter OC/SC, Efisiensi, & Regulasi

Nama: .....
NPM: .....
Kelas/Klp: .....
Nilai Final: / 100

Capaian Pembelajaran (CPMK 1 / Minggu 2) & Pedoman Pengerjaan Tugas Mandiri Terstruktur

CPMK 1 (Sub-CPMK 2): Mahasiswa mampu mengingat formula GGL transformator, memahami konsep rangkaian ekuivalen dan refleksi impedansi, menerapkan analisis matematis trafo, menganalisis data uji beban nol dan hubung singkat, mengevaluasi efisiensi maksimum dan regulasi tegangan, serta merancang trafo catu daya mesin las (Tingkat Kognitif Bloom C1 s.d. C6).

1. **[Tingkat Kognitif C1 – Mengingat | Skor: 10 Poin]**
   Jawablah pertanyaan konseptual transformator berikut:
   (a) Tuliskan rumus persamaan GGL induksi transformator $E = 4.44 f N \Phi_m$. Dari mana angka 4.44 tersebut diperoleh secara matematis?
   (b) Sebutkan fungsi dari minyak transformator (*transformer oil*) pada trafo daya berkapasitas besar!

2. **[Tingkat Kognitif C2 – Memahami | Skor: 15 Poin]**
   Jelaskan konsep fisik dan matematis refleksi impedansi:
   (a) Buktikan bahwa beban impedansi sekunder Z_L ketika dilihat dari sisi primer transformator ideal bernilai $Z_1' = a^2 Z_L$ dengan $a = N_1/N_2$.
   (b) Mengapa inti transformator dirancang memiliki celah udara sekecil mungkin (hampir nol), sedangkan motor listrik wajib memiliki celah udara fisik antara stator dan rotor?

3. **[Tingkat Kognitif C3 – Menerapkan | Skor: 15 Poin]**
   Sebuah transformator 1-fasa 10 kVA, 2.200 V/220 V, 50 Hz memiliki resistansi dan reaktansi belitan: $R_1 = 3.5\ \Omega, X_1 = 6.2\ \Omega, R_2 = 0.035\ \Omega, X_2 = 0.062\ \Omega$.
   (a) Hitung rasio transformasi a.
   (b) Tentukan nilai resistansi ekuivalen (R_{eq1}) dan reaktansi ekuivalen (X_{eq1}) dilihat dari sisi primer.
   (c) Tentukan nilai resistansi ekuivalen (R_{eq2}) dan reaktansi ekuivalen (X_{eq2}) dilihat dari sisi sekunder.

4. **[Tingkat Kognitif C4 – Menganalisis | Skor: 20 Poin]**
   Hasil pengujian transformator 50 kVA, 4.400 V/220 V, 50 Hz adalah sebagai berikut:

   - **Open-Circuit Test (sisi tegangan rendah):** $V_{oc} = 220$ V, $I_{oc} = 9.5$ A, $P_{oc} = 450$ W.
   - **Short-Circuit Test (sisi tegangan tinggi):** $V_{sc} = 160$ V, $I_{sc} = 11.36$ A, $P_{sc} = 750$ W.

   (a) Hitung nilai konduktansi eksitasi G_c, suseptansi magnetisasi B_m, serta nilai R_c dan X_m dilihat dari sisi tegangan rendah.

   (b) Hitung nilai R_{eq1}, X_{eq1}, dan impedansi Z_{eq1} dilihat dari sisi tegangan tinggi.

   (c) Gambarkan skema rangkaian ekuivalen aproksimasi transformator dilihat dari sisi tegangan tinggi lengkap dengan nilai-nilainya.

5. **[Tingkat Kognitif C5 – Mengevaluasi | Skor: 20 Poin]**
   Dari data transformator 50 kVA pada Soal 4 ($P_{\text{core}} = 450$ W, $P_{cu,\text{FL}} = 750$ W):

   (a) Hitung efisiensi transformator saat memikul beban penuh (50 kVA) pada faktor daya $\cos\phi = 0.8$ *lagging*.

   (b) Hitung efisiensi transformator saat memikul setengah beban penuh (25 kVA) pada $\cos\phi = 0.8$ *lagging*.

   (c) Tentukan besar beban (dalam kVA dan persen beban penuh) agar efisiensi transformator mencapai titik **maksimum**. Berapa nilai $\eta_{\max}$ tersebut pada $\cos\phi = 1.0$?

   (d) Hitung regulasi tegangan (VR) pada beban penuh $\cos\phi = 0.8$ *lagging*.

6. **[Tingkat Kognitif C6 – Merancang / Mencipta | Skor: 20 Poin]**
   Sebuah industri manufaktur rangka baja memesan transformator khusus untuk mesin las titik (*resistance spot welding*):

   - Tegangan primer suplai pabrik: $V_1 = 380$ V AC, 50 Hz.
   - Daya las titik yang dibutuhkan: $P_{\text{las}} = 30$ kW pada tegangan sekunder sangat rendah $V_2 = 6.0$ V AC (faktor daya $\cos\phi \approx 0.85$ *lagging*).
   - Kerapatan fluks maksimum inti dibatasi pada $B_{\max} = 1.35$ T untuk menghindari saturasi.
   - Luas penampang efektif inti besi transformator adalah $A_{\text{core}} = 160$ cm^2 $= 0.016$ m^2.
   - Kerapatan arus aman kawat tembaga primer dan sekunder adalah $J = 3.5$ A/mm^2.

   Rancanglah:

   (a) Fluks magnetik maksimum Φ_m di dalam inti transformator.

   (b) Jumlah lilitan belitan sekunder N_2 dan primer N_1 (bulatkan ke bilangan bulat terdekat).

   (c) Arus sekunder I_2 (arus las elektroda) dan arus primer I_1 dari jala-jala 380 V.

   (d) Luas penampang konduktor tembaga primer (A_{cu1}) dan konduktor sekunder (A_{cu2}) agar tidak mengalami *overheating*.