PROBLEM SET 5 (TUGAS MANDIRI TERSTRUKTUR – EDISI LENGKAP)

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

Topik Minggu 5: Penghantar Kabel (PUIL 2020), KHA, Susut Tegangan, & Pentanahan BKT

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

Capaian Pembelajaran (CPMK 3 / Minggu 5) & Pedoman Pengerjaan Tugas Mandiri Terstruktur

CPMK 3 (Sub-CPMK 5): Mahasiswa mampu mengingat nomenklatur kabel standar, memahami pengaruh suhu dan penumpukan terhadap KHA, menerapkan formula KHA dan susut tegangan, menganalisis optimasi penampang kabel, mengevaluasi bahaya tegangan sentuh pembumian, serta merancang instalasi feeder mesin CNC (Tingkat Kognitif Bloom C1 s.d. C6).

1. **[Tingkat Kognitif C1 – Mengingat | Skor: 10 Poin]**
   Jawablah pertanyaan terkait standar PUIL 2020 (SNI 0225:2020):
   (a) Tuliskan kode warna standar kabel penghantar fasa (R, S, T / L1, L2, L3), netral (N), dan pembumian (PE) sesuai PUIL 2020!
   (b) Berapakah batas maksimum susut tegangan (*voltage drop*) yang diizinkan untuk sirkit cabang tenaga motor listrik?

2. **[Tingkat Kognitif C2 – Memahami | Skor: 15 Poin]**
   Jelaskan secara fisik dan matematis:
   (a) Mengapa suhu lingkungan yang tinggi (misalnya di ruang boiler $T_{\text{amb}} > 40^\circ\text{C}$) menurunkan batas Kuat Hantar Arus (KHA) aman kabel penghantar?
   (b) Apa dampak mekanik yang dialami motor induksi jika kabel pengisi mengalami susut tegangan sebesar $\Delta V = 12\%$ saat motor beroperasi? Jelaskan kaitannya dengan torsi motor ($T \propto V^2$)!

3. **[Tingkat Kognitif C3 – Menerapkan | Skor: 15 Poin]**
   Sebuah motor induksi 3-fasa 37 kW, 380 V, efisiensi $\eta = 92\%$, faktor daya $\cos\phi = 0.85$ *lagging*.
   (a) Hitung arus nominal beban penuh (I_{nom}) motor tersebut.
   (b) Hitung KHA minimum konduktor kabel cabang yang disyaratkan PUIL 2020 (KHA $\geq 1.25 I_{\text{nom}}$).
   (c) Berdasarkan tabel kabel NYY tembaga (16 mm²: 80 A; 25 mm²: 105 A; 35 mm²: 130 A), tentukan ukuran kabel minimum yang memenuhi kriteria termal.

4. **[Tingkat Kognitif C4 – Menganalisis | Skor: 20 Poin]**
Motor 37 kW pada Soal 3 dipasang pada jarak saluran $L = 120$ meter dari Gardu Induk / Panel Utama Pabrik ($V_L = 380$ V):

   - Opsi Kabel 1: NYY 4×25 mm^2 ($R = 0.727\ \Omega$/km, $X = 0.08\ \Omega$/km, KHA = 105 A).
   - Opsi Kabel 2: NYY 4×35 mm^2 ($R = 0.524\ \Omega$/km, $X = 0.08\ \Omega$/km, KHA = 130 A).

   (a) Hitung besar susut tegangan ΔV dan persentase $\Delta V(\%)$ untuk Opsi Kabel 1. Apakah memenuhi batas PUIL ($\leq 5\%$)?

   (b) Hitung besar susut tegangan ΔV dan persentase $\Delta V(\%)$ untuk Opsi Kabel 2.

   (c) Analisis kabel mana yang harus dipilih dengan mempertimbangkan biaya kabel vs rugi energi selama masa operasi pabrik!

5. **[Tingkat Kognitif C5 – Mengevaluasi | Skor: 20 Poin]**
Sebuah mesin CNC bubut berdaya besar mengalami kegagalan isolasi internal sehingga kawat fasa menyentuh rangka logam mesin (BKT). Data sistem: Tegangan fasa $V_{ph} = 220$ V, tahanan elektroda pentanahan bodi mesin $R_g = 6.5\ \Omega$, dan tahanan netral sumber trafo $R_n = 2.0\ \Omega$.

   (a) Hitung arus gangguan hubung tanah (I_{gangguan}) yang mengalir jika terjadi kebocoran fasa ke bodi mesin.

   (b) Hitung besar tegangan sentuh (V_{sentuh}) pada bodi mesin logam saat operator menyentuh bodi tersebut. Apakah nilai ini berbahaya bagi keselamatan jiwa manusia (> 50 V)?

   (c) Evaluasi apakah MCB 63 A Kurva C dapat memutus arus gangguan tersebut secara instan. Jelaskan mengapa ELCB/RCCB 30 mA mutlak dipasang!

6. **[Tingkat Kognitif C6 – Merancang / Mencipta | Skor: 20 Poin]**
Rancanglah sistem instalasi listrik feeder tenaga untuk sebuah sel manufaktur yang terdiri dari 3 mesin perkakas CNC:

   - Mesin 1 (CNC Lathe): 15 kW, 380 V, $\eta = 89\%, \cos\phi = 0.82$.
   - Mesin 2 (CNC Milling): 18.5 kW, 380 V, $\eta = 90\%, \cos\phi = 0.84$.
   - Mesin 3 (CNC Grinding): 11 kW, 380 V, $\eta = 88\%, \cos\phi = 0.80$.
   - Jarak dari Panel Distribusi Sub-Pabrik (Sub-Distribution Panel) ke Panel Sel adalah $L = 75$ meter. Suhu ruang pabrik $T_{\text{amb}} = 38°$C (faktor koreksi suhu $k_1 = 0.91$).

   Tentukan:

   (a) Arus nominal masing-masing mesin (I_1, I_2, I_3).

   (b) KHA minimum kabel pengisi feeder utama sesuai rumus PUIL 2020 (KHA $\geq 1.25 I_{\text{maks}} + \sum I_{\text{lain}}$).

   (c) Ukuran kabel NYY 4-inti yang dipilih dengan memperhitungkan faktor koreksi suhu k_1.

   (d) Rating pemutus daya MCCB utama yang dipasang di panel suplai.