LEMBAR KERJA MAHASISWA (LKM 13 – EDISI LENGKAP)

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

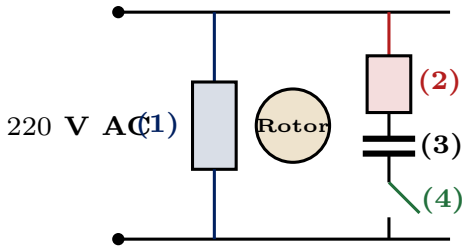
Topik Minggu 13: Medan Putar Ganda, Pembelahan Fasa, Motor Kapasitor, & Motor Universal

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

Capaian Pembelajaran (CPMK 5 / Minggu 13 – Bobot 5%) & Petunjuk Pengerjaan LKM

CPMK 5 (Sub-CPMK 13): Mahasiswa mampu menganalisis Teori Medan Putar Ganda (*Double-Revolving Field*), prinsip pembelahan fasa (*phase-splitting*), perancangan kapasitor pengasut, diagnosis kegagalan saklar sentrifugal, serta pemilihan motor 1-fasa dan motor universal untuk aplikasi mekanikal.
Instruksi Kerja: Diskusikan dalam kelompok (2–3 orang). Tuliskan penurunan rumus, analisis rangkaian, dan keputusan rekayasa secara sistematis pada kotak jawaban yang disediakan.

AKTIVITAS 1: TEORI MEDAN PUTAR GANDA & ANATOMI RANGKAIAN MOTOR 1-FASA (C1–C2)



1.1 Identifikasi Komponen & Prinsip Pembelahan Fasa:

Perhatikan skema motor induksi 1-fasa *Capacitor-Start* di samping. Sebutkan nama dan fungsi spesifik komponen nomor **(1) s.d. (4)**, serta jelaskan bagaimana cara yang benar untuk **membalik arah putaran poros** motor tersebut!

- **(1)**: ..... (Fungsi: .....)
- **(2)**: ..... (Fungsi: .....)
- **(3)**: ..... (Fungsi: .....)
- **(4)**: ..... (Fungsi: .....)
- **Cara Balik Putaran**: .....

1.2 Analisis Teori Medan Putar Ganda (*Double-Revolving Field Theory*):

Sebuah motor induksi 1-fasa 4-kutub, 50 Hz berputar pada kecepatan beban penuh $n = 1425$ rpm. (a) Hitung kecepatan sinkron n_s, slip medan putar maju (s_f), dan slip medan putar mundur (s_b)! (b) Jelaskan secara matematis mengapa saat rotor diam ($n = 0$), belitan utama tunggal menghasilkan torsi bersih $T_{net} = 0$ Nm, namun begitu rotor diputar ke salah satu arah, motor dapat terus berakselerasi!

Ruang Jawaban Perhitungan Slip Maju/Mundur & Analisis Medan Putar Ganda

AKTIVITAS 2: DIAGNOSIS KEGAGALAN MEKANIS SAKLAR SENTRIFUGAL (C4)

2.1 Studi Kasus Kegagalan Lapangan (*Troubleshooting* Bengkel Mesin):

Sebuah kompresor udara di bengkel pemesinan menggunakan motor induksi 1-fasa *Capacitor-Start*. Analisislah gejala fisik, dampak arus/torsi, dan risiko kerusakan termal yang terjadi di bawah dua skenario kerusakan mekanis saklar sentrifugal berikut:

(a) **Skenario A (Kontak Saklar Sentrifugal Aus / Macet Terbuka – *Stuck Open*):** Apa yang terjadi saat tombol ON ditekan ketika kompresor masih bertekanan?

(b) **Skenario B (Pegas Sentrifugal Patah / Kontak Lengket Tertutup – *Stuck Closed*):** Motor berhasil start dan berputar pada 1440 rpm, tetapi setelah 45 detik tercium bau isolasi terbakar dan muncul asap. Komponen mana yang meledak/terbakar dan mengapa?

Analisis Diagnosis Kegagalan Saklar Sentrifugal (Stuck Open vs Stuck Closed)

AKTIVITAS 3: PERANCANGAN KAPASITOR PENGASUT UNTUK KUADRATUR FASA (C3 & C6)

Studi Kasus Perancangan Motor Pompa Hidrolik 1-Fasa:
Sebuah motor induksi 1-fasa 220 V, 50 Hz memiliki parameter impedansi saat rotor terkunci (*locked-rotor*, $s = 1$) sebagai berikut:

- **Belitan Utama (M):** $R_m = 2.4\ \Omega$, $X_m = 3.2\ \Omega \implies Z_m = 2.4 + j3.2\ \Omega$
- **Belitan Bantu (A, tanpa kapasitor):** $R_a = 7.5\ \Omega$, $X_a = 4.0\ \Omega \implies Z_a = 7.5 + j4.0\ \Omega$

3.1 Komputasi Sudut Fasa & Perancangan Kapasitor Pengasut (C_{start}):

(a) Jika motor dioperasikan sebagai **Motor *Split-Phase*** (tanpa kapasitor), hitung arus utama $I_m\angle\theta_m$, arus bantu $I_a\angle\theta_a$, dan sudut beda fasa $\alpha_{split} = |\theta_m - \theta_a|$!

(b) Rancang nilai reaktansi kapasitif X_C dan kapasitansi pengasut C_{start} (μF) yang harus dipasang seri pada belitan bantu agar sudut beda fasa antara I_m dan I'_a mencapai kondisi **kuadratur ideal** ($\alpha = 90°$)!

(c) Hitung rasio peningkatan torsi start $\frac{T_{start,\text{cap}}}{T_{start,\text{split}}}$ dengan adanya kapasitor tersebut (mengingat $T_{start} = K \cdot I_m \cdot I_a \cdot \sin\alpha$)!

Langkah Perhitungan Fasor Arus, Ukuran Kapasitor C_{start} (μF), & Rasio Kenaikan Torsi Start

AKTIVITAS 4: MOTOR UNIVERSAL & PEMILIHAN MOTOR PERKAKAS MEKANIK (C5)

4.1 Analisis Fisika Motor Universal (AC/DC Series Motor):

(a) Mengapa motor induksi 1-fasa standar pada jala-jala 50 Hz **tidak mungkin** berputar melebihi 3000 rpm, sedangkan **Motor Universal** pada gerinda tangan (*angle grinder*) mampu berputar hingga 12.000 rpm?

(b) Jelaskan mengapa motor universal tetap menghasilkan torsi putar yang searah (*unidirectional*) meskipun dicatu oleh arus bolak-balik (AC) yang berganti polaritas 100 kali per detik!

Analisis Kecepatan Super-Sinkron & Torsi Searah pada Motor Universal

4.2 Matriks Keputusan Rekayasa Mesin: Pemilihan Motor 1-Fasa yang Tepat:

Pilihlah jenis motor 1-fasa yang paling tepat (**Split-Phase, Capacitor-Start, PSC, CSCR, Shaded-Pole, atau Motor Universal**) beserta alasan teknisnya untuk keempat peralatan mekanik berikut: (1) **Kompresor Udara Torak 2 HP**; (2) **Blower Indoor AC Split (Operasi 24 Jam Sunyi)**; (3) **Mesin Router / Profil Kayu 25.000 RPM**; (4) **Kipas Pendingin Kecil Panel Kontrol Elektronik**.

Justifikasi Pemilihan Motor untuk Kompresor, Blower HVAC, Router Kayu, & Kipas Panel

Tanda Tangan Dosen / Asisten:

Akt. 1 (Medan Ganda)	Akt. 2 (Diagnosis S_c)	Akt. 3 (Desain C_{start})	Akt. 4 (Universal/Pilih)	Total Skor
20 Poin	20 Poin	35 Poin	25 Poin	100 Poin

(.....)
Tanggal Pemeriksaan: .....