LEMBAR KERJA MAHASISWA (LKM 7 – EDISI LENGKAP)

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

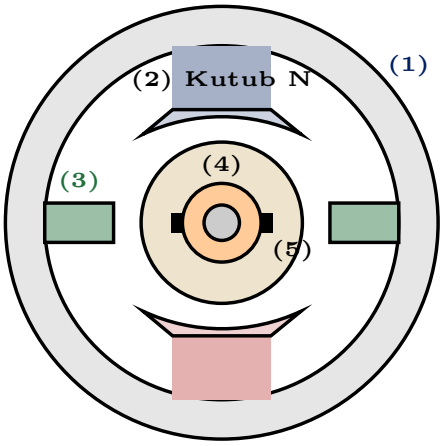
Topik Minggu 7: Anatomi Mesin DC, *Load Matching*, Kendali PWM, Pengereman, & BLDC

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

Capaian Pembelajaran (CPMK 4 / Minggu 7) & Petunjuk Pengerjaan LKM Terstruktur

CPMK 4 (Sub-CPMK 7): Mahasiswa mampu memahami prinsip kerja dan karakteristik Mesin DC (Generator & Motor DC), rangkaian ekivalen, dinamika pencocokan beban mekanik (*load matching*), kendali PWM H-Bridge, pengereman elektrik 4-kuadran, serta spesifikasi *nameplate* IEC/BLDC.
Instruksi Kerja: Diskusikan dalam kelompok (2–3 orang). Tuliskan penurunan rumus dan analisis teknik secara sistematis pada kotak jawaban yang disediakan.

AKTIVITAS 1: ANATOMI LENGKAP, INTERPOLE, & PERSAMAAN DINAMIS POROS



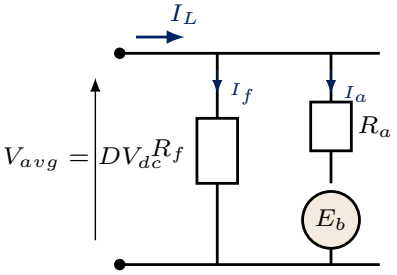
1.1 Identifikasi Konstruksi & Fungsi Komutasi:
Perhatikan penampang mesin DC di samping. Sebutkan nama dan fungsi spesifik komponen nomor **(1) s.d. (5)**, khususnya peran komponen (3) dalam meredam reaksi jangkar dan komponen (5) pada komutasi!

- **(1)**: ..... (Fungsi: .....)
- **(2)**: ..... (Fungsi: .....)
- **(3)**: ..... (Fungsi: .....)
- **(4)**: ..... (Fungsi: .....)
- **(5)**: ..... (Fungsi: .....)

1.2 Persamaan Diferensial Kopel Elektromekanis & Transmisi *Gearbox*:
Tuliskan persamaan diferensial transien sirkit jangkar ($L_a \frac{di_a}{dt}$), persamaan gerak rotasi Hukum II Newton poros ($J_{eq} \frac{d\omega_m}{dt}$), serta rumus inersia ekivalen J_{eq} dan torsi beban terrefleksi T_L^* jika motor terhubung ke beban melalui *gearbox* berasio $N = \omega_m / \omega_L$!

Ruang Jawaban Persamaan Kopel Elektromekanis & Rasio Roda Gigi

AKTIVITAS 2: RANGKAIAN EKIVALEN, KENDALI PWM, & LOAD MATCHING



2.1 Sirkit Motor Shunt, Kendali PWM, & Kestabilan Beban:
(a) Tuliskan persamaan KVL/KCL motor shunt di samping jika dicatu oleh konverter PWM Chopper dengan tegangan sumber V_{dc} dan siklus kerja (*duty cycle*) $D \in [0, 1]$!
(b) Tuliskan syarat matematis kestabilan titik potong antara kurva torsi motor $T_{dev}(\omega)$ dan kurva torsi beban mekanik $T_L(\omega)$!

Perumusan Sirkit PWM & Kriteria Kestabilan Titik Kerja

AKTIVITAS 3: STUDI NUMERIK KONVEYOR & PENGEREMAN ELEKTRIK 4-KUADRAN

Studi Kasus Penggerak Konveyor Tambang Batubara:

Sebuah motor DC shunt 230 V, 15 kW menggerakkan sabuk konveyor miring. Parameter motor: $R_a = 0.25\ \Omega$, $R_f = 115\ \Omega$. Pada beban penuh (Kuadran I), motor menarik arus jala-jala $I_L = 50$ A pada putaran 1500 rpm dengan rugi rotasional mekanik konstan $P_{rot} = 600$ W.

3.1 Komputasi Operasi Motoring (Kuadran I) & Pengereman Dinamis (Kuadran II):

(a) Hitung arus jangkar I_a, GGL lawan E_b, torsi bangkitan T_{dev}, daya mekanis poros P_{out} (kW & HP), dan efisiensi η pada beban penuh!

(b) Untuk menghentikan konveyor secara darurat, dilakukan **Pengereman Dinamis (*Dynamic Braking*)**: catu daya 230 V diputus dan terminal jangkar langsung dihubungkan ke resistor pengereman $R_{brake} = 2.475\ \Omega$ (medan tetap tereksitasi). Hitung arus pengereman awal $I_{a,\text{brake}}$ dan torsi pengereman awal T_{brake} tepat saat pengereman dimulai pada 1500 rpm!

Langkah Perhitungan Operasi Motoring & Pengereman Dinamis

AKTIVITAS 4: PENGASUTAN, PEMILIHAN MOTOR, & TEKNOLOGI MODERN (BLDC / IEC)

4.1 Mitigasi Arus Pengasutan (*Starting*) vs Soft-Starter PWM:

(a) Hitung lonjakan arus start ($I_{a,\text{start}}$) jika motor pada Aktivitas 3 dinyalakan langsung tanpa starter!

(b) Tentukan nilai resistor starter luar (R_{start}) ATAU nilai siklus kerja awal PWM (D_{start}) agar arus start dibatasi tepat $1.5 \times I_{a,\text{nominal}}$!

Perancangan Resistor Starter vs Siklus Kerja Awal PWM (D_{start})

4.2 Keputusan Rekayasa Mesin: Klasifikasi IEC *Duty Cycle* & Transisi ke BLDC:

(a) Mengapa motor derek pengangkat (*crane hoist*) menggunakan tipe **Motor DC Seri** dengan spesifikasi *nameplate* **Duty Cycle S3 (Intermittent)**, sedangkan pompa sentrifugal menggunakan **Motor Shunt Duty Cycle S1 (Continuous)**?

(b) Jelaskan mengapa industri kendaraan listrik (EV) dan robotika modern beralih dari motor DC bersikat ke **Motor BLDC (*Brushless DC*)**!

Justifikasi Pemilihan Motor, Duty Cycle IEC 60034, & Keunggulan BLDC

Tanda Tangan Dosen / Asisten:

Akt. 1 (Dinamika)	Akt. 2 (PWM/Beban)	Akt. 3 (Pengereman)	Akt. 4 (Starter/BLDC)	Total Skor
20 Poin	20 Poin	35 Poin	25 Poin	100 Poin

(. . . . .)

Tanggal Pemeriksaan: . . . . . .