PUDAK SCIENTIFIC

SYNCHRONOUS MOTOR AND SYNCHRONOUS GENERATOR

PT 170428ECS

Training Panel System

The System that Creates the Future Skilled Engineers

PENDAHULUAN

Agar mampu mengikuti perkembangan teknologi di bidang industri, alat latih kejuruan merupakan salah satu media yang berperan penting dalam meningkatkan kompetensi keterampilan secara optimal dalam proses belajar mengajar.

Peralatan Pendidikan SMK Pudak Scientific didesain dengan mengutamakan pendekatan *learning by doing* sehingga pengguna dapat memahami berbagai prinsip teknik secara langsung dan aktif dan memenuhi kebutuhan didaktik dan metodik.

Pemilihan produk yang ada dalam Katalog Peralatan Pendidikan SMK Pudak Scientific ini mengacu pada Dokumen Pengadaan Peralatan Pendidikan SMK yang dikeluarkan oleh Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah Indonesia. Produk-produk tersebut telah mengikuti standar peralatan yang umum dipakai di dunia pendidikan dan sering ditemukan pada kegiatan industri.

Keunggulan Peralatan Pendidikan SMK Pudak Scientific:

- Dibuat berdasarkan kondisi nyata dan menggunakan komponen industri asli.
- Mencakup topik materi dari yang sederhana hingga kompleks.
- Dirancang menggunakan komponen dan bahan berkualitas tinggi.
- Dibuat dengan mengutamakan faktor keamanan untuk pengguna pada saat melakukan percobaan.
- Kondisi alat merupakan alat baru.
- Tanpa kerusakan atau cacat.
- Peralatan aman terhadap pemakai, lingkungan, dan peralatan itu sendiri.
- Setiap alat terdapat identitas permanen (lambang/merek) Pudak Scientific.

DAFTAR ISI

Panduan Percobaan

Manual Alat

Daftar Katalog

Sertifikat Garansi

Inspection Report

PANDUAN PERCOBAAN

SYNCHRONOUS MOTOR AND SYNCHRONOUS GENERATOR

PT 170428ECS

PUDAK SCIENTIFIC

Kata Pengantar

Pembahasan "Synchronous Motor and Synchronous Generator Trainer" mencakup motor sinkron sebagai motor, motor sinkron sebagai generator, sinkronisasi dan memparalelkan 2 (dua) buah sumber energi listrik, VSD dan motor 3 fasa rotor sangkar sebagai penggerak.

Dirancang dalam bentuk modul-modul, sehingga lebih memudahkan pemakai untuk mempergunakannya dan mengambil suatu pengertian dari hasil proses belajar mengajar.

Untuk menunjang agar proses belajar mengajar praktek Synchronous motor and Synchronous Generator trainer terlaksana dengan baik dan sesuai tujuan diperlukan adanya petunjuk tertulis sebagai penuntun pelaksanaan praktek. Oleh karena itu, buku petunjuk percobaan yang disertakan dengan pesawat latih ini disusun agar para pemakai dapat melaksanakan praktek dengan tahapan-tahapan yang benar, selebihnya Guru atau Instruktur dapat mengembangkan percobaan penginstalasian sesuai kebutuhan praktikumnya dengan menggunakan modul-modul yang ada pada Pesawat Latih ini.

Pemakai pesawat latih ini diharapkan sudah mempunyai bekal pengetahuan dasar tentang teori-teori dasar kelistrikan dan motor-motor listrik. Di samping itu pemakai telah memiliki juga pengetahuan tentang pemakaian alat-alat ukur seperti Voltmeter, Amperemeter dan lain sebagainya.

Pudak Scientific

Daftar Isi

Kata Pengantar i

Daftar isi iii

I. Pendahuluan 1

II. Percobaan-percobaan 2

LE40001 Starting Motor Sinkron 3 Fasa 2

LE40002 Karakteristik Beban N, I, Cos φ, P_2, H = F (M) pada Motor Sinkron Tiga Fasa 9

LE40003 Karakteristik Beban I_e, N, H, I, P_2 = F (M) dengan Cos φ = 1 Konstan pada Motor Sinkron Tiga Fasa 18

LE40004 Kurva "V" pada Motor Sinkron 3 Fasa I = F(Ie) dengan M Konstan 28

LE40005 Mengatur Kecepatan Motor 3 Fasa Rotor Sangkar dengan Variable Speed Drive 39

LE40006 Motor Sinkron 3 Fasa Sebagai Generator 3 Fasa 45

LE40007 Karakteristik Generator 3 Fasa Motor Sinkron Beban Nol Dan Hubung Singkat 52

LE40008 Generator 3 Fasa Beban R 62

LE40009 Generator 3 Fasa Beban R-L 68

LE40010 Generator 3 Fasa Beban R-C 74

LE40011 Generator 3 Fasa Beban RLC 80

LE40012 Generator 3 Fasa Beban Tidak Seimbang 93

LE40013 Sinkronisasi 97

III. Lampiran

A. Gambar Peralatan

B. Cara Merakit Rak Panel

I. PENDAHULUAN

Buku petunjuk percobaan ini menyajikan langkah-langkah penggunaan pesawat latih Synchronous motor and Synchronous machine trainer dengan langkah yang sistematis dan jelas untuk melaksanakan tugas peraktek/percobaan.

Percobaan yang akan di peraktekkan ini merupakan pembahasan tentang motor sinkron, generator sinkron, motor rotor sangkar, Variabel Speed Drive dan pembebanan generator 3 fasa RLC.

Setiap percobaan dilakukan dengan langkah-langkah yang telah disajikan sehingga mempermudah pemakai dalam pemahaman tentang Synchronous motor and Synchronous generator trainer.

Komponen-komponen tersebut meliputi:

Nomor percobaan

Menunjukkan urutan percobaan yang akan dilaksanakan.

Judul percobaan

Memberikan gambaran arah dan penekanan percobaan yang akan dilaksanakan.

1. Tujuan Percobaan

Memberikan petunjuk tentang sasaran yang akan dicapai atau perubahan tingkah laku yang diharapkan setelah melaksanakan kegiatan percobaan.

2. Pendahuluan

Memberikan suatu gambaran umum sebagai pengetahuan pembuka, sebagai bekal awal dalam melaksanakan percobaan

3. Peralatan

Terdiri dari 2 (dua) jenis yaitu:

Utama : Peralatan yang terdapat dalam pesawat latih.

Pendukung : Yaitu peralatan yang digunakan sebagai penunjang praktek yang tidak tersedia pada perlengkapan pesawat latih.

4. Langkah Kerja

Merupakan petunjuk yang harus diikuti secara bertahap dalam proses pelaksanaan kegiatan praktek.

5. Kesimpulan/Evaluasi

Untuk mendapatkan gambaran tentang hasil yang dicapai setelah melaksanakan percobaan, yang juga merupakan control apakah percobaan telah dilaksanakan dan sesuai dengan tujuannya.

Disamping hal-hal di atas, pada akhir bagian buku ini disertakan gambar peralatan (modul), dengan maksud untuk membantu pemakai dalam mempelajari rangkaian instalasi listrik secara teknis.

I. Tujuan

Setelah melaksanakan percobaan ini, saudara diharapkan dapat:

1. Dapat membaca gambar rangkaian serta merakitnya sesuai dengan gambar rangkaian yang diberikan.
2. Starting Motor Sinkron 3 fasa hubungan Delta sebagai motor asinkron dengan penambahan tahanan di sisi rotor
3. Starting Motor Sinkron 3 fasa hubungan Bintang sebagai motor asinkron dengan penambahan tahanan di sisi rotor.
4. Melakukan pengamatan dari hasil percobaan sebagai analisa yang menjadi kesimpulan.

II. Pendahuluan

Motor sinkron adalah mesin sinkron yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor sinkron mempunyai kumparan jangkar jangkar pada stator dan kumparan medan pada rotor. Kumparan jangkarnya berbentuk sama dengan motor induksi rotor sangkar, sedangkan kumparan motor sinkron dapat berbentuk kutub sepatu (salient) atau kutub dengan celah udara sama rata (rotor silinder).

Starting motor sinkron dapat dilakukan dengan tiga pendekatan utama untuk menjalankannya dengan aman:

1. Dengan menggunakan penggerak mula (prime mover) eksternal untuk mempercepat rotor motor sinkron mendekati kecepatan sinkronnya dan kemudian memberikan supplay pada rotor serta stator.
2. Mereduksi putaran dengan mengatur medan stator ke harga yang lebih rendah (mengurangi frekuensi).
3. Menggunakan kumparan peredam atau motor sinkron seperti motor asinkron.

Starting dengan penggerak mula

Pada metode start motor sinkron dengan penggerak mula, motor sinkron di kopel dengan penggerak mula (prime mover), selanjutnya penggerak mula akan memutar rotor motor sinkron sampai mencapai putaran sinkronnya, selanjutnya motor sinkron tersebut diparalelkan dengan jala-jala dan bekerja sebagai generator. Setelah hal ini dicapai, penggerak mula di lepas dari poros motor. Ketika penggerak mulai dilepas dari poros motor, poros motor akan berputar perlahan (putarannya menurun) sehingga medan magnet rotor (B_r) akan tertinggal di belakang B_{net} dan mesin akan start bereaksi sebagai motor. Saat paralelnya sudah lengkap, maka motor sudah dapat dibebani.

Starting dengan mereduksi frekuensi.

Cepatnya perputaran medan putar stator juga turut menyebabkan motor sinkron tidak dapat melakukan start sendiri (self starting). Perputaran medan magnet stator setiap menitnya adalah:

$$N_s = \frac{120.f}{p}$$

Dimana:

f = Frekuensi tegangan terminal motor (Hz)

p = jumlah kutub motor

N_s = perputaran medan magnet stator (RPM)

Cepatnya perputaran medan magnet stator ini membuat tidak mungkinnya terjadi interaksi tarik-menarik dan tolak-menolak antara kutub medan magnet stator dengan kutub medan magnet rotor yang diam.

Pada metode start dengan mereduksi frekuensi ini, pada saat start, motor disuplai dengan frekuensi yang rendah sehingga kecepatan putaran medan putar stator juga rendah. Hal ini akan membuat terjadinya interaksi tarik-menarik dan tolak menolak antara kutub medan magnet stator dan kutub medan magnet rotor. Setelah terjadi interaksi antara kedua kutub medan magnet tersebut, maka frekuensi sistem dapat dinaikkan secara perlahan sampai pada frekuensi dan kecepatan sinkron yang diinginkan. Saat ini, pengaturan besar frekuensi yang disuplai dapat dilakukan dengan menggunakan rectifier-inverter dan cycloconverter.

Starting dengan kumparan peredam

Pada metode start dengan kumparan peredam, rotor dilengkapi dengan kumparan peredam atau kumparan sangkar tupai yang ditempatkan pada permukaan rotor yang dihubung singkat pada kedua ujungnya.

Saat kumparan stator dihubungkan dengan tegangan tiga fasa maka akan timbul medan putar pada stator. Kemudian medan putar ini akan menginduksikan GGL ke dalam kumparan peredam yang telah terhubung singkat, maka dalam kumparan peredam akan mengalir arus. Arus ini akan menimbulkan kopel antara rotor dengan stator secara magnetis rotor pun berputar. Namun kecepatan putar rotor tidak sama dengan kecepatan sinkronnya. Pada saat ini, motor sinkron bertindak sebagai motor induksi karena terdapat slip antara kecepatan putar rotor dengan kecepatan medan putar statornya.

Setelah putaran rotor hampir mencapai kecepatan sinkronnya, maka kumparan medan penguat yang berada pada motor dieksitasi dengan sumber arus DC. Selanjutnya motor akan menuju keadaan sinkron. Namun dalam pelaksanaan metode start ini dibutuhkan alat pengaturan sinkronisasi untuk menghindarkan efek yang dapat merusak motor tersebut.

III. Buku Bacaan

Untuk membantu dan menambah pengetahuan tentang materi pada percobaan ini, pemakai disarankan membaca buku-buku yang berikut ini:

1. Chapman, S.J., *Fundamentals of Electric Machines*, Mc-Graw Hill Book Company. New York: 1991.
2. Nagrath, I.J., *Electrical Machine,* Tata Mc-Graw Hill Book Company. New Delhi: 1958.

IV. Peralatan

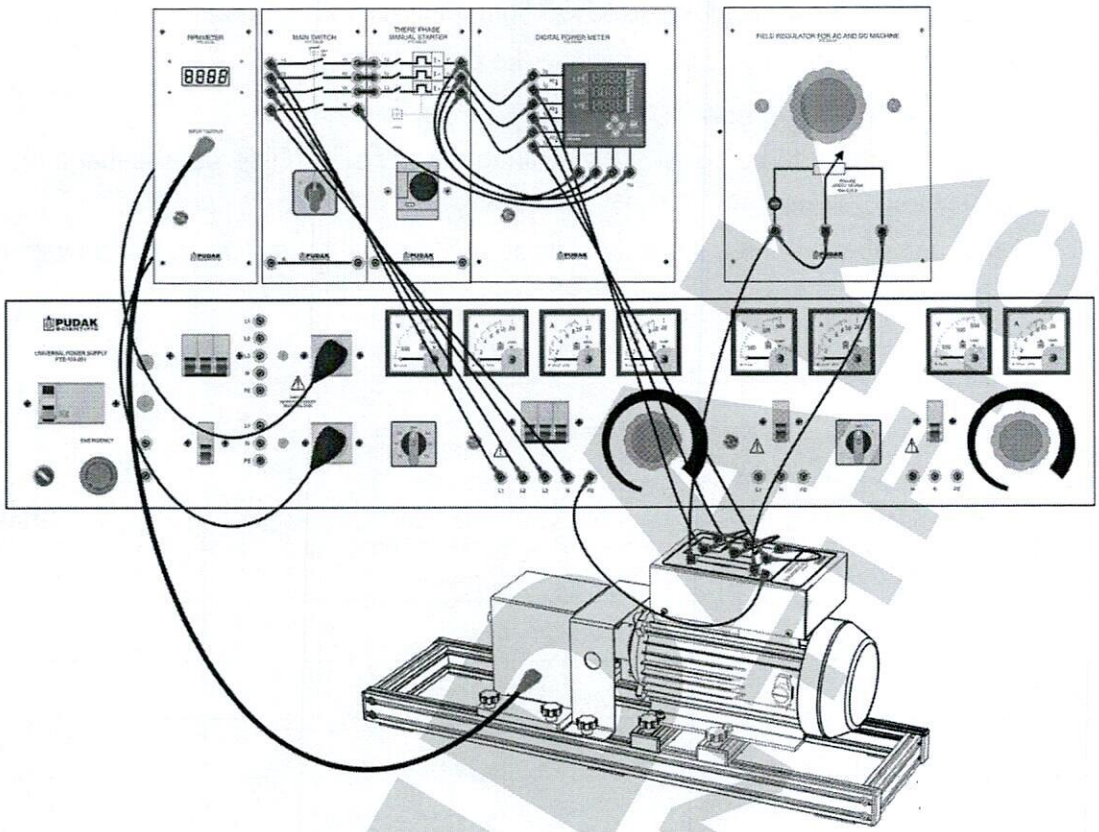
Utama	:	Universal Power Supply	PTE-154-001	1 Unit
	:	Three phase Synchronous AC Machine	PTE-046-08	1 Unit
	:	Field Regulation for AC and DC Machines	PTE-046-08	1 Unit
	:	RPM Meter	PTE-124-06	1 Unit
	:	Motor Starter And Protection Circuit Breaker	PTE-046-18	1 Unit
	:	Main Switch	PTE-046-22	1 Unit
	:	Power Meter Digital	PTE-046-28	1 Unit
	:	Encoder	PTE-052-33	1 Unit
	:	Safety Connecting Leads		
	:	Reil DIN		1 Set
	:	Safety Couppling		
Pendukung	:	Multimeter		1 unit

V. Langkah Kerja

- ***Pastikan sumber tegangan stabil antara fasa ke fasa 380V ± 10 % dan 220 ± 10 % fasa ke Neutral sesuai dengan IEC 60038.***
- ***Mengetahui tentang keselamatan kerja di laboratorium listrik***
- ***Universal power supply memiliki kontrol temperatur dari motor yang di uji sebagai proteksi.***
- ***Perhatikan hal-hal yang perlu diproteksi saat sebelum melakukan percobaan dan sesuai dengan IEC 60364.***
- ***Baca terlebih dahulu langkah-langkah percobaan sebelum melakukan percobaan.***

A. Starting Motor Sinkron 3 fasa terhubung Delta

1. Siapkan peralatan yang dibutukan seperti gambar 1.1 di bawah ini, serta alat pendukung lainnya.



Gambar 1.1 Rangkaian Starting Motor Sinkron 3 fasa hubungan Delta

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 1.1 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum di hubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesuai dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
7. Pastikan sumber tegangan yang terhubung ke motor sinkron hubungan Delta sebesar 220V AC line to line.

8. Tekan tombol push buttons untuk "ON" pada RPM meter modul.
9. Tekan tombol push buttons untuk "ON" pada Power Meter Digital modul.
10. Putar sakelar Cam Switch Motor starter ke posisi "ON".
11. Atur posisi Rheostat ke posisi maksimum.
12. Putar sakelar utama ke posisi "ON" sehingga motor sinkron berputar sebagai motor asinkron, kemudian putar kembali ke posisi OFF.
13. Ulangi percobaan di atas sesui dengan data yang ada pada tabel 1.1 di bawah ini.

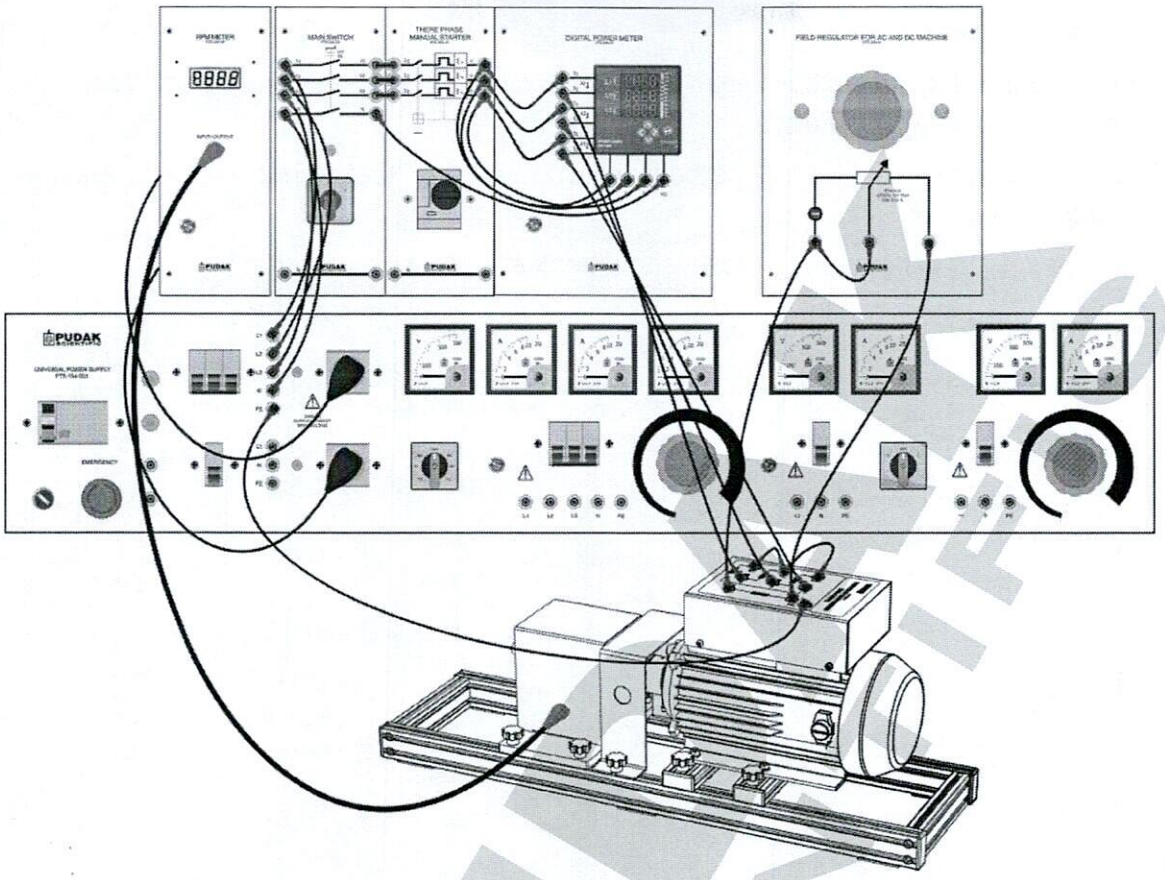
Tabel 1.1

No	Sesaat Saat Start				Saat Motor berputar normal		
	Rheostat (Ω)	**Vn (V)**	**Is (A)**	**N (RPM)**	**Vn (V)**	**Is (A)**	**N (RPM)**
1	100%						
2	75%						
3	50%						
4	25%						

14. Setelah selesai melakukan pengukuran, putar cam switch ke posisi "OFF" dan motor sinkron 3 fasa berhenti berputar.

B. Starting Motor Sinkron 3 fasa terhubung Bintang

1. Rubah gambar 1.3 rangkaian motor 3 fasa sinkron terhubung Delta menjadi hubungan Bintang seperti gambar 1.2 di bawah ini.



Gambar 1.2 Rangkaian Starting Motor Sinkron 3 fasa hubungan Bintang

2. Setelah selesai dirakit, ulangi langkah percobaan seperti pada rangkaian sistem Delta.
3. Pastikan sumber tegangan yang terhubung ke motor sinkron hubungan Bintang sebesar 380V AC line to line.
4. Lakukan beberapa pengukuran sesuai dengan tabel 1.2 di bawah ini.

Tabel 1.2

No	Sesaat Saat Start				Saat Motor berputar normal		
	Rheostat (Ω)	Vn (V)	Is (A)	N (RPM)	Vn (V)	Is (A)	N (RPM)
1	100%						
2	75%						
3	50%						
4	25%						

5. Setelah selesai melakukan pengukuran, putar cam switch ke posisi "OFF" dan motor sinkron berhenti berputar.
6. Bongkar peralatan, kemudian simpan di tempat yang telah disediakan.

VI. Pertanyaan.

1. Dari data yang dihasilkan apa yang bisa disimpulkan dari rangkaian Delta dan rangkaian Bintang? Jelaskan!
2. Untuk kecepatan apakah ada perbedaan putaran motor saat terhubung Delta ataupun Bintang? Jelaskan
3. Apa pengaruh penguatan eksitasi yang diberikan pada motor sinkron?

VII. Kesimpulan.

PUDAK SCIENTIFIC PS

PUDAK SCIENTIFIC	Karakteristik Beban n, I, cos φ, P_2, η = f (M) pada Motor Sinkron Tiga Fasa	LE40002

I. Tujuan

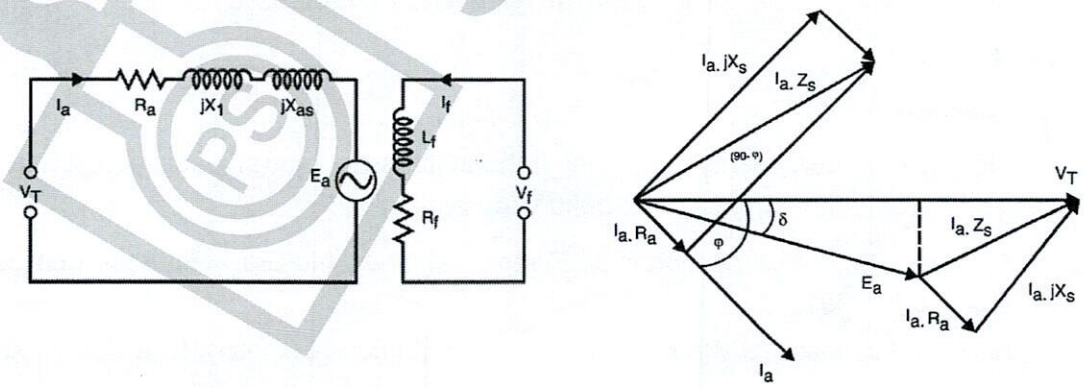
Setelah melaksanakan percobaan ini, saudara diharapkan dapat:

1. Mengetahui cara kerja motor sinkron tiga fasa.
2. Menentukan karakteristik beban untuk motor sinkron tiga fasa, antara lain:
   a. Putaran (n) fungsi dari torsi (M)
   b. Arus (I) fungsi dari torsi (M)
   c. Faktor daya (cos φ) fungsi dari torsi (M)
   d. Daya keluar (P_2) fungsi dari torsi (M)
   e. Efisiensi (η) fungsi dari torsi (M)
   f. Daya semu (S) fungsi dari torsi (M)
3. Melakukan pengukuran dan perhitungan terhadap besaran-besaran listrik yang diperlukan untuk menentukan karakteristik motor sinkron tiga fase.
4. Membuat grafik dari hasil pengukuran.
5. Membuat kesimpulan dari hasil percobaan.

II. Pendahuluan

Bila beban pada poros motor sinkron bertambah besar maka putaran rotor akan berkurang (low down) untu sesaat. Penambahahan beban yang akan menyebabkan sudut kopel (δ) akan semakin besar pula dan torsi induksi motor sinkron juga akan bertambah besar. Bertambah besarnya torsi induksi motor sinkron akan di ikuti menurunnya putaran rotor untuk sesaat dan putaran rotor akan kembali kepada kecepatan sinkronnya setelah beberapa saat tetapi dengan sudut kopel (δ) yang lebih besar.

Jika di andaikan motor sinkron beroperasi dengan faktor daya leading sebelum penambahan beban pada porosnya, maka diagram fasornya dapat dilihat seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.1.

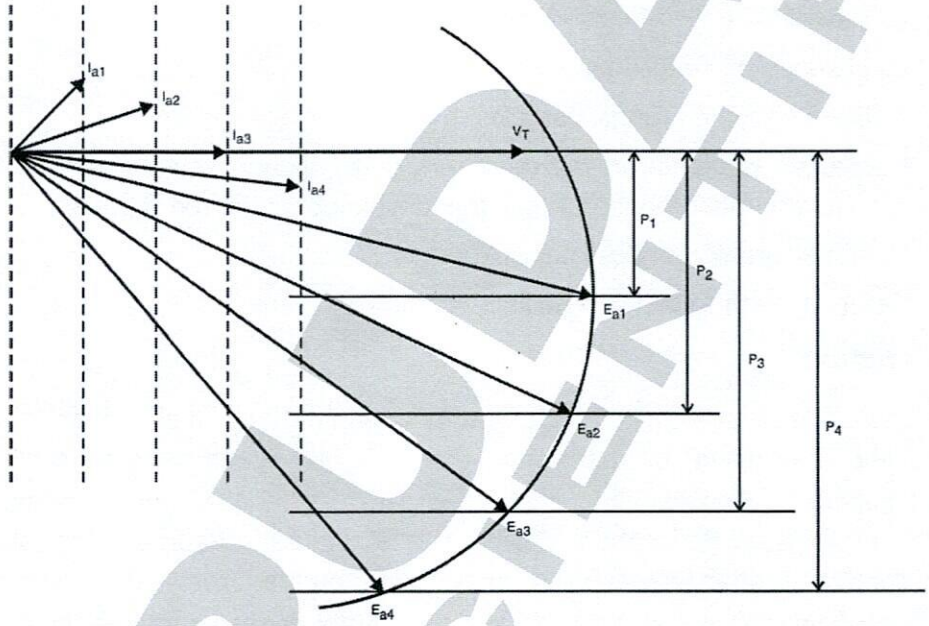


(a) (b)

Gambar 2.1

Perubahan tegangan jangkar E_a hanya di pengaruhi oleh perubahan arus medan I_f motor sinkron. Jika arus medan I_f bertambah besar maka tegangan jangkar E_a juga bertambah besar dan sebaliknya. Pada kondisi ini, arus medan motor sinkron tidak mengalami perubahan (konstan). Maka tegangan jangkar juga akan konstan (tetap). Selain arus medan, tegangan terminal motor V_T juga dijaga kostan.

Dengan eksitasi konstan yang menyebabkan tegangan jangkar E_a juga konstan, penambahan beban pada poros motor akan menyebabkan daya $E_a.Sin\delta\, dan\, I_a.Cos\varphi$ akan bertambah besar. Dengan adanya penambahan beban pada poros motor dengan eksitasi yang konstan menyebabkan E_a akan mengalami swing down seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2

Akibat E_a mengalami swing down secara bertahap maka kuantitas $jX_s.I_a$ juga akan bertambah secara bertahap. Oleh karena itu, arus jangkar juga akan semakin bertambah besar. Perubahan ini akan menyebabkan faktor daya $Cos\varphi$ akan menjadi lagging.

III. Buku Bacaan

Untuk membantu dan menambah pengetahuan tentang materi pada percobaan ini, pemakai disarankan membaca buku-buku yang berikut ini:

1. Chapman, S.J., *Fundamentals of Electric Machines*, Mc-Graw Hill Book Company. New York: 1991.
2. Nagrath, I.J., *Electrical Machine,* Tata Mc-Graw Hill Book Company. New Delhi: 1958.

IV. Peralatan

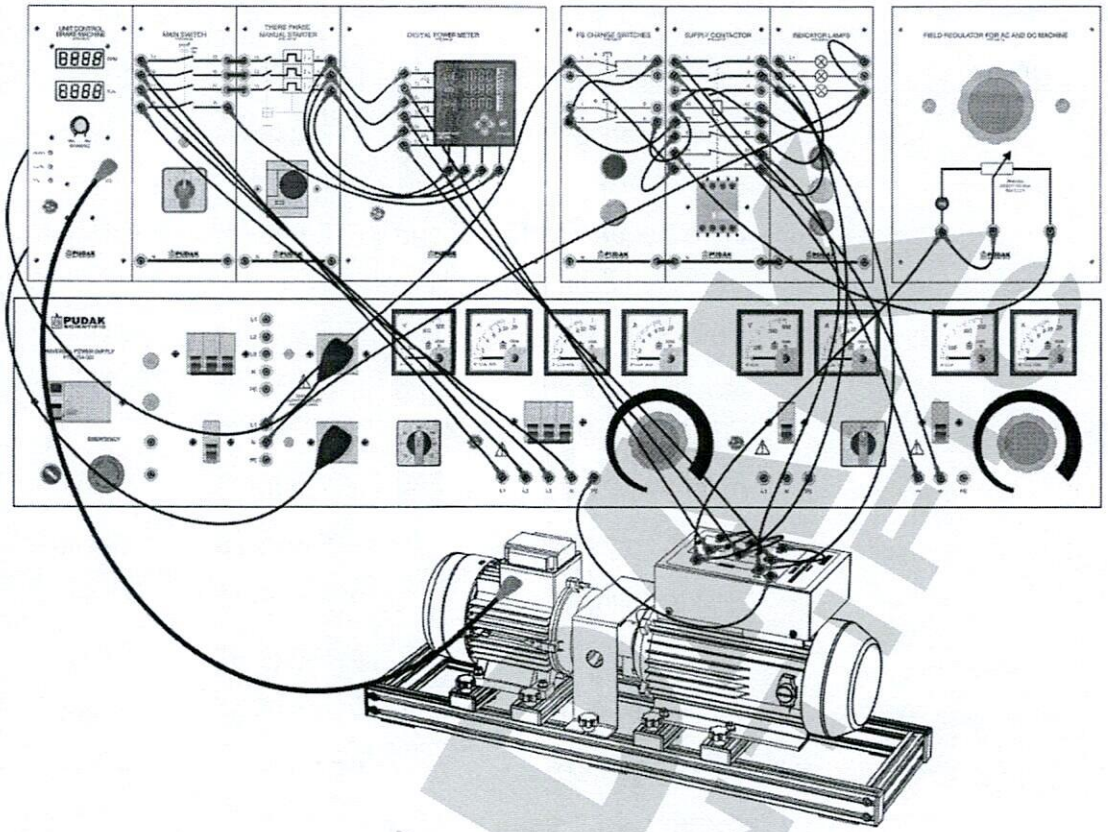
Utama	:	Universal Power Supply	PTE-154-001	1 Unit
	:	Three phase Synchronous AC Machine	PTE-046-08	1 Unit
	:	Field Regulation for AC and DC Machines	PTE-046-08	1 Unit
	:	Unit Control Brake Machine	PTE-046-11	1 Unit
	:	Motor Starter And Protection Circuit Breaker	PTE-046-18	1 Unit
	:	Main Switch	PTE-046-22	1 Unit
	:	Power Meter Digital	PTE-046-28	1 Unit
	:	Brake Machine	PTE-046-10	1 Unit
	:	PB Change Switch	PTE-048-07	1 Unit
	:	Indicator Lamps	PTE-048-09	1 Unit
	:	Supply Contactor	PTE-048-12	1 Unit
	:	Safety Connecting Leads		
	:	Reil DIN		1 Set
	:	Safety Coupling		
Pendukung	:	Multimeter		1 unit

V. Langkah Kerja

- ***Pastikan sumber tegangan stabil antara fasa ke fasa 380V ± 10 % dan 220 ± 10 % fasa ke Neutral sesuai dengan IEC 60038.***
- ***Mengetahui tentang keselamatan kerja di laboratorium listrik.***
- ***Universal power supply memiliki kontrol temperatur dari motor yang diuji sebagai proteksi.***
- ***Perhatikan hal-hal yang perlu diproteksi saat sebelum melakukan percobaan dan sesuai dengan IEC 60364.***
- ***Baca terlebih dahulu langkah-langkah percobaan sebelum melakukan percobaan.***

A. Motor Sinkron 3 Fasa terhubung Delta

1. Siapkan peralatan yang dibutukan seperti gambar 2.3 di bawah ini, serta alat pendukung lainnya.



Gambar 2.3 Rangkaian Motor Sinkron 3 fasa terhubung Delta

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 2.3 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesuai dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
7. Pastikan sumber tegangan yang terhubung ke motor sinkron hubungan Delta sebesar 220V AC line to line.
8. Atur posisi Rheostat ke posisi maksimum.
9. Atur sumber tegangan DC kira-kira 10% dari tegangan maksimumnya.

10. Tekan tombol ON-OFF ke posisi "ON" yang ada pada power meter digital, sehingga modul power meter digital berfungsi.
11. Tekan tombol ON-OFF ke posisi "ON" yang ada pada Unit control Brake Machine, sehingga modul unit control brake machine berfungsi dan pastikan juga posisi potensiometer yang ada pada modul pada posisi minimum.
12. Putar sakelar utama ke posisi "ON" sehingga motor sinkron berputar sebagai motor asinkron, kemudian tekan tombol push button warna hijau sehingga terminal F1 dan F2 terhubung dengan sumber tegangan DC.
13. Kemudian naikkan tegangan penguatan sampai 220V DC.
14. Motor terhubung Delta dengan arus nominal 0.65A sehingga arus maksimum yang diperkenankan 125% dikali arus nominal.

Hubungan Motor Brake dan Unit Control Brake Machine pada suhu 70°C akan terputus akibat gesekan, putusnya hubungan ini ditandai dengan lampu indicator menyala. Untuk dapat melanjutkan percobaan harus ditunggu sampai lampu indikator padam.

15. Kemudian lakukan pengereman secara berkala dengan pemutar potensiometer yang ada pada unit control brake machine sesuai dengan isi tabel 2.1 sampai arus motor maksimum tercapai.

Tabel 2.1

Tegangan Eksitasi konstan 220V DC							
Atur	$\frac{M}{N.m}$	0.1					
Pengukuran	$\frac{n}{\min^{-1}}$						
	$\frac{I}{A}$						
	$\frac{I_E}{A}$						
	$Cos\,\varphi$						
	$\frac{P_1}{W}$						
Perhitungan	$\frac{P_2}{W}$						
	$\frac{S}{VA}$						
	η						

Catt: Selama praktikum tegangan dipertahankan konstan 220V AC line to line.

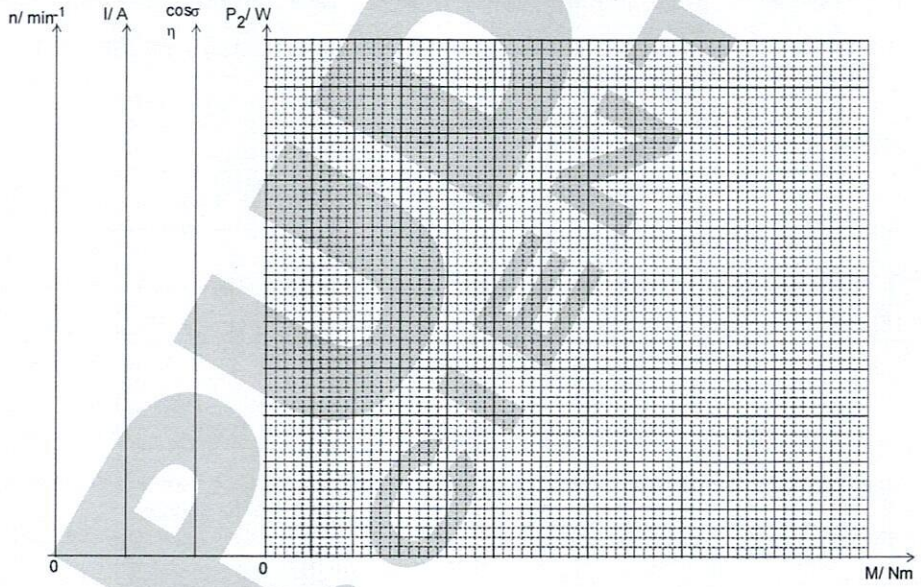
16. Lakukan perhitungan untuk mengisi tabel 2.1 di atas dengan persamaan:

    Daya output : $P_2 = \frac{M.n}{9.95}$

    efesiensi : $\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{3P_{1\,Str}}$

    Daya semu : $S = U.I.\sqrt{3}$

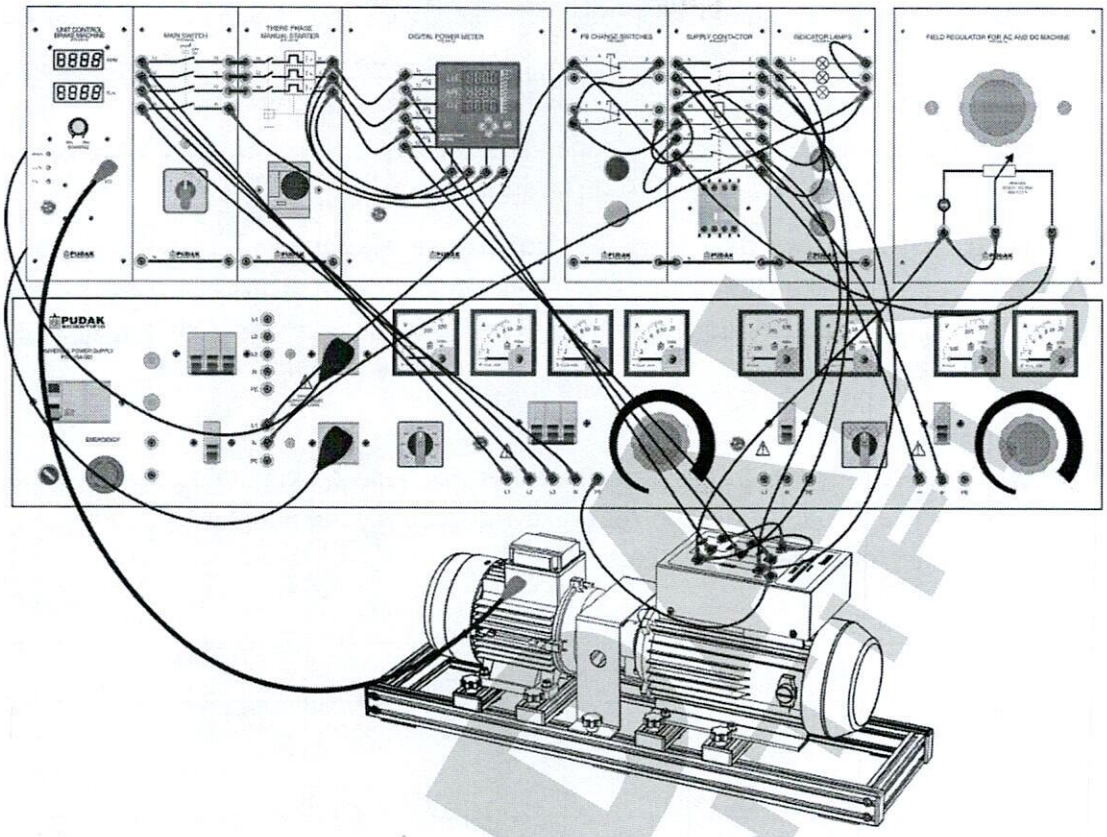
17. Tekan tombol ke posisi 'OFF' pada unit control brake machine dan kembalikan posisi potensiometer kearah posisi minimum.
18. Kemudian putuskan sumber listrik darin motor sinkron.
19. Buatkan grafik dari hasil pengukuran dan perhitungan untuk n, I, cos φ, P_2, η sebagai fungsi torsi (M) pada grafik 2.1.



Grafik 2.1

B. Motor Sinkron 3 Fasa terhubung Bintang

1. Ubah rangkaian seperti gambar 2.3 menjadi gambar 2.4 di bawah ini



Gambar 2.4 Rangkaian Motor Sinkron 3 fasa terhubung Bintang

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 2.4 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

4. Lakukan pemeriksaan sumber tegangan AC sebelum dihubungkan ke rangkaian, dan pastikan sumber tegangan AC sebesar 380V AC Line to line.
5. Pastikan sumber tegangan yang terhubung ke motor sinkron hubungan Bintang sebesar 380V AC line to line.
6. Atur posisi Rheostat ke posisi maksimum.
7. Atur sumber tegangan DC kira-kira 10% dari tegangan maksimumnya.
8. Tekan tombol ON-OFF ke posisi "ON" yang ada pada power meter digital, sehingga modul power meter digital berfungsi.
9. Tekan tombol ON-OFF ke posisi "ON" yang ada pada Unit control Brake Machine, sehingga modul unit control brake machine berfungsi dan pastikan juga posisi potensiometer yang ada ada pada modul pada posisi minimum.

10. Putar sakelar utama ke posisi "ON" sehingga motor sinkron berputar sebagai motor asinkron, kemudian tekan tombol push button warna hijau sehingga terminal F1 dan F2 terhubung dengan sumber tegangan DC.
11. Motor terhubung Bintang dengan arus nominal 0.38A sehingga arus maksimum yang diperkenankan 125% dikali arus nominal.

Hubungan Motor Brake dan Unit Control Brake Machine pada suhu 70°C akan terputus akibat gesekan, putusnya hubungan ini ditandai dengan lampu indicator menyala. Untuk dapat melanjutkan percobaan harus di tunggu sampai lampu indicator padam.

12. Kemudian lakukan pengereman secara berkala dengan pemutar potensiometer yang ada pada unit control brake machine sesuai dengan isi tabel 2.1 sampai arus motor maksimum tercapai.

Tabel 2.2

Tegangan Eksitasi konstan 220V DC							
Atur	$\frac{M}{N.m}$	0.1					
Pengukuran	$\frac{n}{\min^{-1}}$						
	$\frac{I}{A}$						
	$\frac{I_E}{A}$						
	$Cos\,\varphi$						
	$\frac{P_1}{W}$						
Perhitungan	$\frac{P_2}{W}$						
	$\frac{S}{VA}$						
	η						

Catt: Selama praktikum tegangan di pertahankan konstan 380V AC line to line.

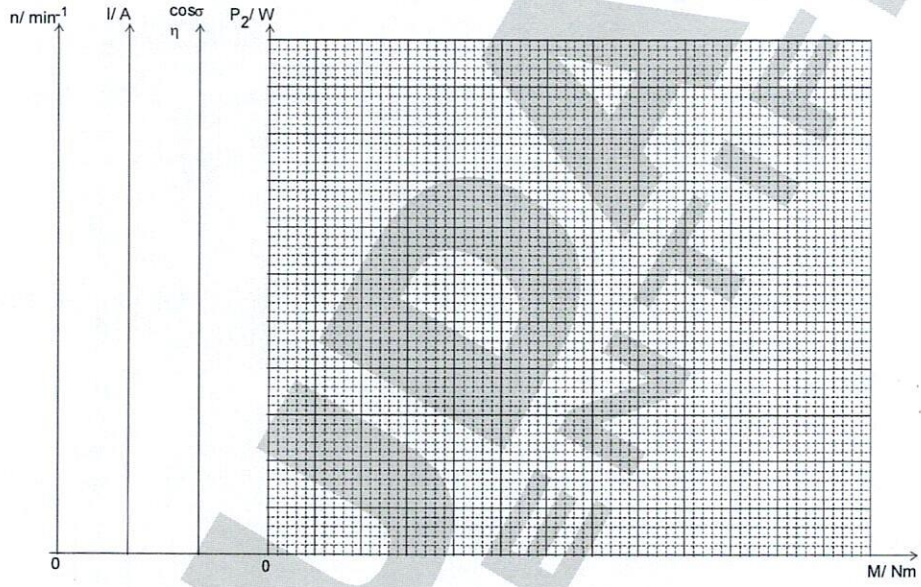
13. Lakukan perhitungan untuk mengisi tabel 2.1 di atas dengan persamaan:

Daya output : $P_2 = \frac{M.n}{9.95}$

efesiensi : $\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{3P_{1\,Str}}$

Daya semu : $S = U \,.\, I \,.\sqrt{3}$

14. Ubah posisi sakelar ke posisi 'OFF' pada unit control brake machine dan kembalikan posisi potensiometer kearah posisi minimum.
15. Kemudian tekan tombol 'OFF' sehingga motor berhenti berputar.
16. Buatkan grafik dari hasil pengukuran dan perhitungan untuk n, I, cos φ, P_2, η sebagai fungsi torsi (M) pada grafik 2.2.



Grafik 2.2

17. Setelah selesai melakukan percobaan, rapikan semua peralatan dan simpan di tempat yang sudah ditentukan.

VI. Pertanyaan.

1. Dari hasil percobaan, jelaskan apa pengaruh penambahan beban terhadap kecepatan motor sinkron tiga fasa!
2. Bagaimana arus yang mengalir pada motor sinkron tiga fasa dengan kenaikan beban?
3. Bagaimana juga dengan efisiensi dan faktor daya dari motor sinkron dengan kenaikan beban?
4. Dari hasil percobaan yang anda lakukan buatkan kesimpulan dengan menganalisa hasil pengukuran dan perhitungan yang di tuangkan dalam bentuk grafik.

VII. Kesimpulan.

PUDAK SCIENTIFIC	**Karakteristik Beban I_E, n, η, I, P_2 = f (M) dengan cos φ = 1 konstan pada Motor Sinkron Tiga Fasa**	**LE40003**

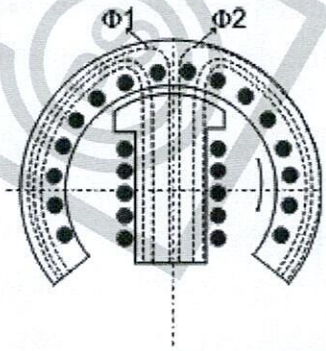
I. Tujuan

Setelah melaksanakan percobaan ini, saudara diharapkan dapat:

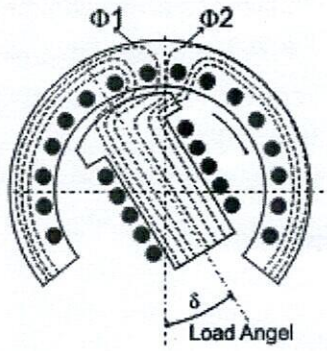
1. Mengetahui cara kerja motor sinkron tiga fasa.
2. Menentukan karakteristik beban untuk motor sinkron tiga fasa dengan cos σ =1 konstan, antara lain:
   a. Arus eksitasi (I_f) fungsi dari torsi (M)
   b. Putaran (n) fungsi dari torsi (M)
   c. Efisiensi (η) fungsi dari torsi (M)
   d. Arus (I) fungsi dari torsi (M)
   e. Daya keluar (P_2) fungsi dari torsi (M)
3. Melakukan pengukuran besaran-besaran listrik yang diperlukan untuk menentukan karakteristik motor sinkron tiga fase.
4. Membuat grafik dari hasil pengukuran.
5. Membuat kesimpulan dari hasil percobaan.

II. Pendahuluan

Motor sinkron adalah mesin sinkron yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Mesin sinkron mempunyai kumparan jangkar pada stator dan kumparan medan pada rotor. Kumparan jangkarnya berbentuk sama dengan mesin induksi, sedangkan kumparan medan mesin sinkron dapat berbentuk kutub sepatu (salient) atau kutub dengan celah udara sama rata (rotor silinder). Arus searah (DC) untuk menghasilkan fluks pada kumparan medan dialirkan ke rotor melalui cincin dan sikat. Jadi konstruksi motor sinkron ini adalah sama dengan generator sinkron, bedanya hanya bahwa generator sinkron rotornya diputar untuk menghasilkan tegangan, sedangkan motor sinkron statornya diberi tegangan agar rotornya berputar.



Gambar 3.1a (tanpa beban)



Gambar 3.1b (berbeban)

Gambar 3.1 memperlihatkan keadaan terjadinya torsi pada motor sinkron. Keadaan ini dapat dijelaskan sebagai berikut: apabila kumparan jangkar (pada stator) dihubungkan dengan sumber tegangan tiga fasa maka akan mengalir arus tiga fasa pada kumparan. Arus tiga fasa pada kumparan jangkar ini menghasilkan medan putar homogen. Berbeda dengan motor induksi, motor sinkron mendapat eksitasi dari sumber DC eksternal yang dihubungkan ke rangkaian rotor melalui slip ring dan sikat. Arus DC pada rotor ini menghasilkan medan magnet rotor yang tetap. Kutub medan rotor mendapat tarikan dari kutub medan putar stator hingga turut berputar dengan kecepatan yang sama (sinkron).

Pada beban nol (gbr 3.1a), sumbu kutub medan putar berimpit dengan sumbu kumparan medan (δ= 0). Setiap penambahan beban membuat medan motor "tertinggal" dari medan stator, berbentuk sudut kopel δ (gbr 3.1b), untuk kemudian berputar dengan kecepatan yang sama lagi. Beban maksimum tercapai ketika $\delta = 90^0$ Penambahan beban lebih lanjut mengakibatkan hilangnya kekuatan torsi dan motor disebut kehilangan sinkronisasi. Oleh karena pada motor sinkron terdapat dua sumber pembangkit fluks yaitu arus bolak-balik (AC) pada stator dan arus searah (DC) pada rotor, maka ketika arus medan pada rotor cukup untuk membangkitkan fluks (ggm) yang diperlukan motor, maka stator tidak perlu memberikan arus magnetisasi atau daya reaktif dan motor bekerja pada faktor daya = 1. Ketika arus medan pada rotor kurang (penguat bekurang), stator akan menarik arus magnetisasi dari jala-jala, sehingga motor bekerja pada faktor daya terbelakang (lagging). Sebaliknya bila arus pada medan rotor belebih (penguat berlebih), kelebihan fluks (ggm) ini harus diimbangi, dan stator akan menarik arus yang bersifat kapasitif dari jala-jala, dan karenanya motor bekerja pada faktor daya mendahului (leading). Dengan demikian, untuk menjaga faktor daya = 1 konstan maka harga arus eksitasi (If) selalu diatur dengan setiap tahap penambahan beban.

Pada percobaan di bawah akan di pertahankan faktor daya =1 konstan untuk setiap penambahan beban.

III. Buku Bacaan

Untuk membantu dan menambah pengetahuan tentang materi pada percobaan ini, pemakai disarankan membaca buku-buku yang berikut ini:

1. Chapman, S.J., *Fundamentals of Electric Machines*, Mc-Graw Hill Book Company. New York: 1991.
2. Nagrath, I.J., *Electrical Machine,* Tata Mc-Graw Hill Book Company. New Delhi: 1958.

IV. Peralatan

Utama	:	Universal Power Supply	PTE-154-001	1 Unit
	:	Three phase Synchronous AC Machine	PTE-046-08	1 Unit
	:	Field Regulation for AC and DC Machines	PTE-046-08	1 Unit

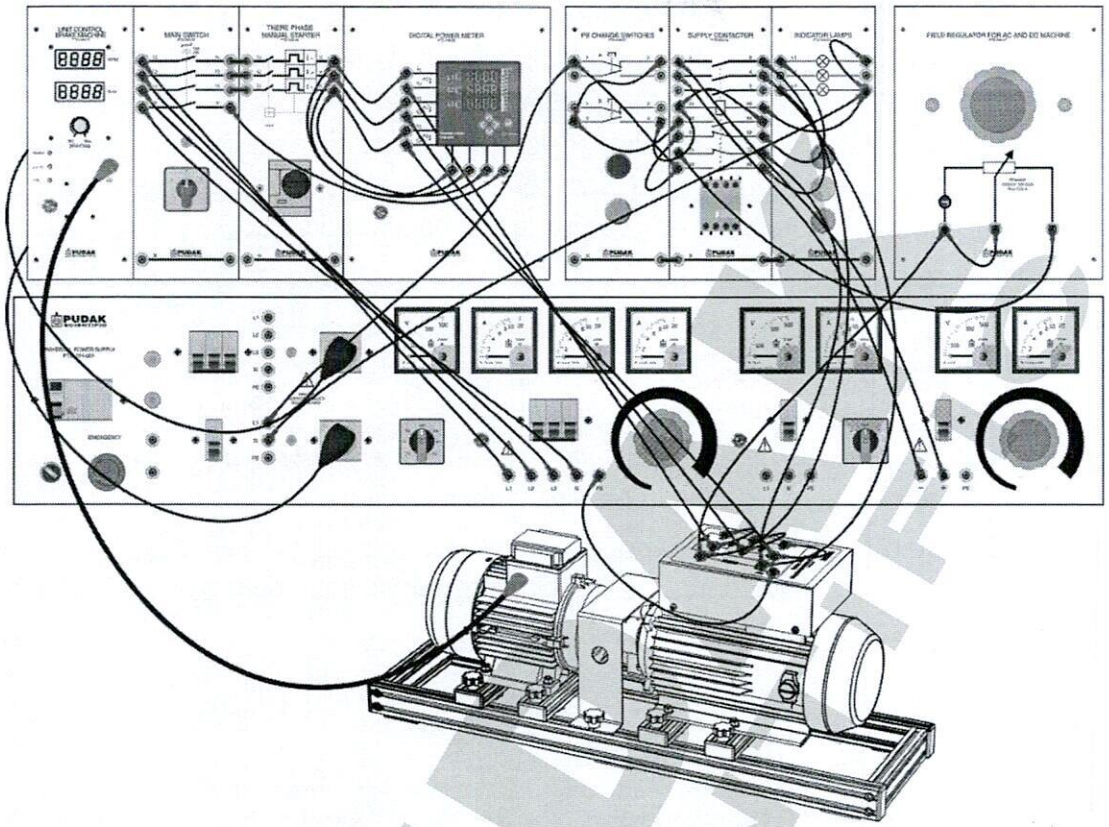
	:	Unit Control Brake Machine	PTE-046-11	1 Unit
	:	Motor Starter And Protection Circuit Breaker	PTE-046-18	1 Unit
	:	Main Switch	PTE-046-22	1 Unit
	:	Power Meter Digital	PTE-046-28	1 Unit
	:	Brake Machine	PTE-046-10	1 Unit
	:	PB Change Switch	PTE-048-07	1 Unit
	:	Indicator Lamps	PTE-048-09	1 Unit
	:	Supply Contactor	PTE-048-12	1 Unit
	:	Safety Connecting Leads		
	:	Reil DIN		1 Set
	:	Safety Coupling		
Pendukung	:	Multimeter		1 unit

V. Langkah Kerja

- ***Pastikan sumber tegangan stabil antara fasa ke fasa 380V ± 10 % dan 220 ± 10 % fasa ke Neutral sesuai dengan IEC 60038.***
- ***Mengetahui tentang keselamatan kerja di laboratorium listrik***
- ***Universal power supply memiliki kontrol temperatur dari motor yang diuji sebagai proteksi.***
- ***Perhatikan hal-hal yang perlu diproteksi saat sebelum melakukan percobaan dan sesuai dengan IEC 60364.***
- ***Baca terlebih dahulu langkah-langkah percobaan sebelum melakukan percobaan.***

A. Motor Sinkron 3 Fasa terhubung Delta

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan seperti gambar 3.2 di bawah ini, serta alat pendukung lainnya.



Gambar 3.2 Rangkaian Motor Sinkron 3 fasa terhubung Delta

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 3.2 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesuai dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
7. Pastikan sumber tegangan yang terhubung ke motor sinkron hubungan Delta sebesar 220V AC line to line.
8. Atur posisi Rheostat ke posisi maksimum.

9. Atur sumber tegangan DC kira-kira 10% dari tegangan maksimumnya.
10. Tekan tombol ON-OFF ke posisi "ON" yang ada pada power meter digital, sehingga modul power meter digital berfungsi.
11. Tekan tombol ON-OFF ke posisi "ON" yang ada pada Unit control Brake Machine, sehingga modul unit control brake machine berfungsi dan pastikan juga posisi potensiometer yang ada ada pada modul pada posisi minimum.
12. Putar sakelar utama ke posisi "ON" sehingga motor sinkron berputar sebagai motor asinkron, kemudian tekan tombol push button warna hijau sehingga terminal F1 dan F2 terhubung dengan sumber tegangan DC.
13. Kemudian atur tegangan eksitasi sehingga cos φ = 0.99 ≈ 1 konstan.
14. Atur potensiometer yang ada pada Unit control brake machine sehingga memberikan efek pengereman pada motor sinkron.
15. Isi tabel 3.1 untuk setiap perubahan nilai akibat hasil dari pengereman. Motor terhubung Delta dengan arus nominal 0.65A sehingga arus maksimum yang diperkenankan 125% di kali arus nominal.

Tabel 3.1

Tegangan Eksitasi dipertahankan $Cos\varphi = 1$							
Atur	$\frac{M}{N.m}$	0.1					
Pengukuran	$\frac{n}{\min^{-1}}$						
	$\frac{I}{A}$						
	$\frac{I_f}{A}$						
	$\frac{P_1}{W}$						
Perhitungan	$\frac{P_2}{W}$						
	$\frac{S}{VA}$						
	η						

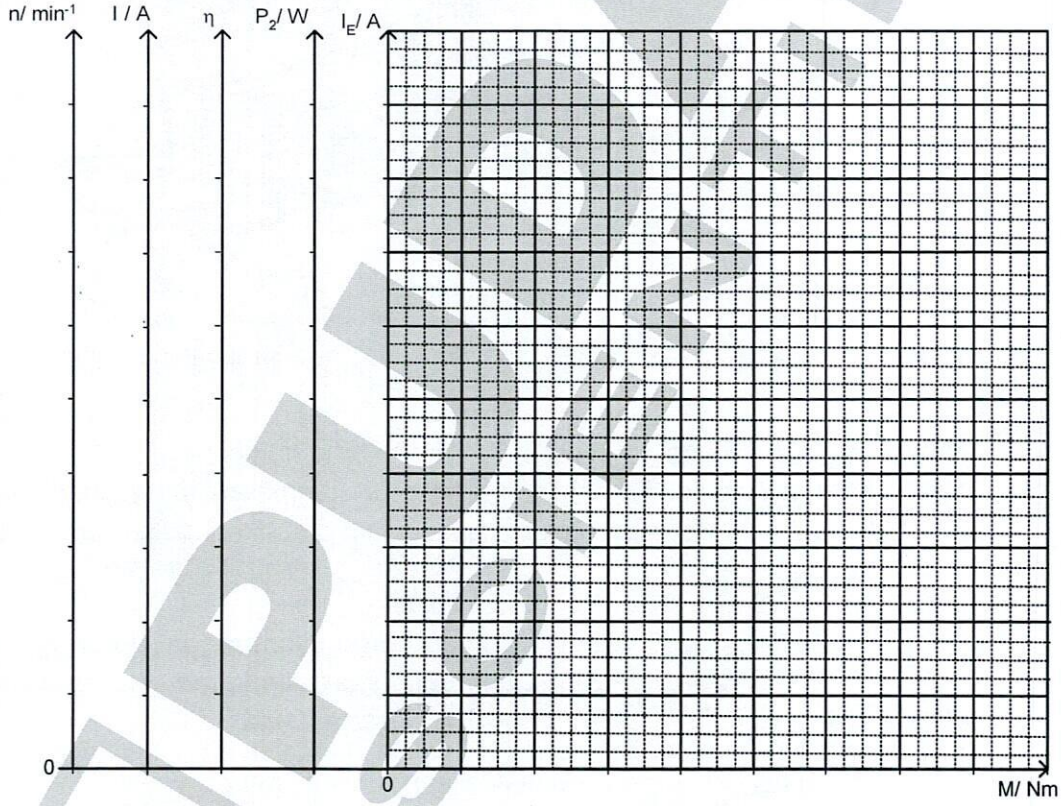
16. Lakukan perhitungan untuk mengisi tabel 3.1 di atas dengan persamaan:

Daya output : $P_2 = \frac{M.n}{9.95}$ efesiensi : $\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{3P_{1\,Str}}$

17. Tekan tombol ON-OFF ke posisi "OFF" Unit control brake machine dan kembalikan posisi potensiometer ke arah posisi minimum.

Hubungan Motor Brake dan Unit Control Brake Machine pada suhu 70°C akan terputus akibat gesekan, putusnya hubungan ini ditandai dengan lampu indicator menyala. Untuk dapat melanjutkan percobaan harus ditunggu sampai lampu indicator padam.

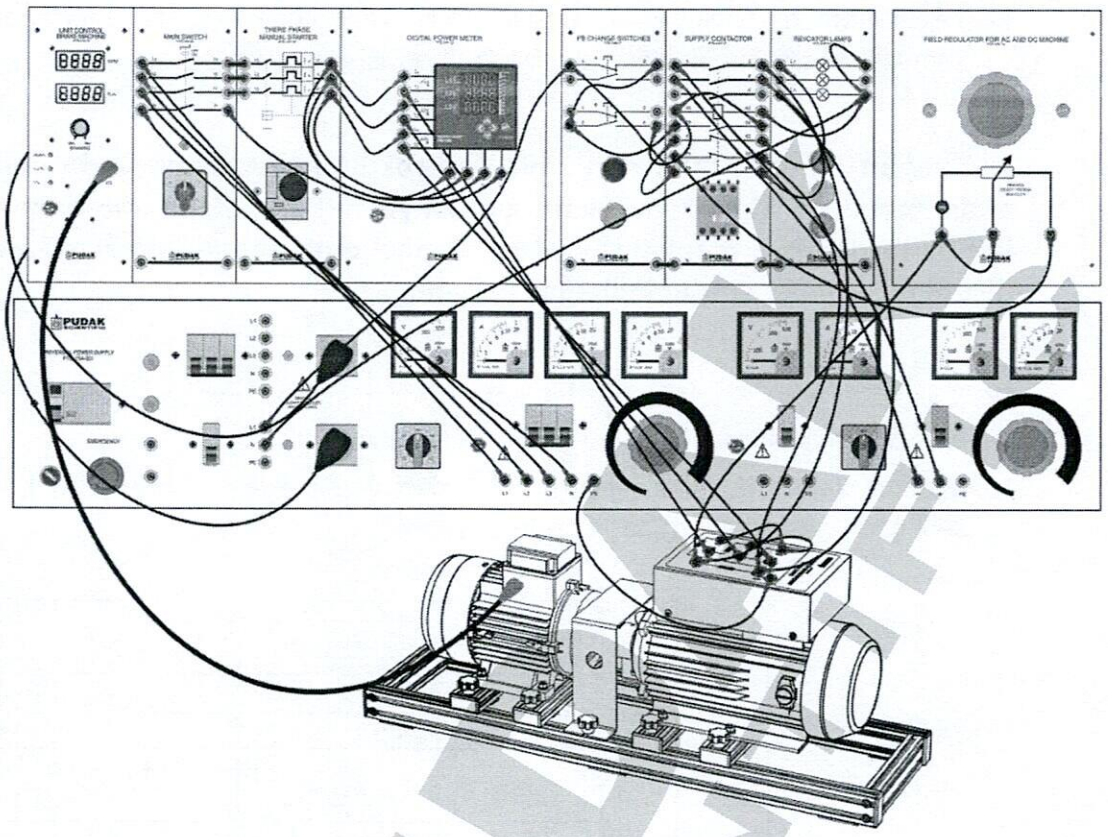
18. Kemudian putuskan sumber tegangan dengan motor sinkron, sehingga motor berhenti berputar.
19. Buatkan grafik dari hasil pengukuran dan perhitungan untuk I_E, n, I, P_2, η sebagai fungsi torsi (M) pada grafik 3.1.



Grafik 3.1

B. Motor Sinkron 3 Fasa terhubung Bintang

1. Ubah rangkaian seperti gambar 3.2 menjadi gambar 3.3 di bawah ini



Gambar 3.3 Rangkaian Motor Sinkron 3 fasa terhubung Bintang

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 3.3 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesui dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
7. Pastikan sumber tegangan yang terhubung ke motor sinkron hubungan Delta sebesar 380V AC line to line.

8. Atur posisi Rheostat ke posisi maksimum.
9. Atur sumber tegangan DC kira-kira 10% dari tegangan maksimumnya.
10. Tekan tombol ON-OFF ke posisi "ON" yang ada pada power meter digital, sehingga modul power meter digital berfungsi.
11. Tekan tombol ON-OFF ke posisi "ON" yang ada pada Unit control Brake Machine, sehingga modul unit control brake machine berfungsi dan pastikan juga posisi potensiometer yang ada ada pada modul pada posisi minimum.
12. Putar sakelar utama ke posisi "ON" sehingga motor sinkron berputar sebagai motor asinkron, kemudian tekan tombol push button warna hijau sehingga terminal F1 dan F2 terhubung dengan sumber tegangan DC.
13. Kemudian atur tegangan eksitasi sehingga cos φ = 0.99 ≈ 1 konstan.
14. Atur potensiometer yang ada pada Unit control brake machine sehingga memberikan efek pengereman pada motor sinkron.
15. Isi tabel 3.2 untuk setiap perubahan nilai akibat hasil dari pengereman. Motor terhubung Delta dengan arus nominal 0.38A sehingga arus maksimum yang diperkenankan 125% di kali arus nominal.

Tabel 3.2

Tegangan Eksitasi dipertahankan $Cos\varphi = 1$							
Atur	$\frac{M}{N.m}$	0.1					
Pengukuran	$\frac{n}{\min^{-1}}$						
	$\frac{I}{A}$						
	$\frac{I_f}{A}$						
	$\frac{P_1}{W}$						
Perhitungan	$\frac{P_2}{W}$						
	$\frac{S}{VA}$						
	η						

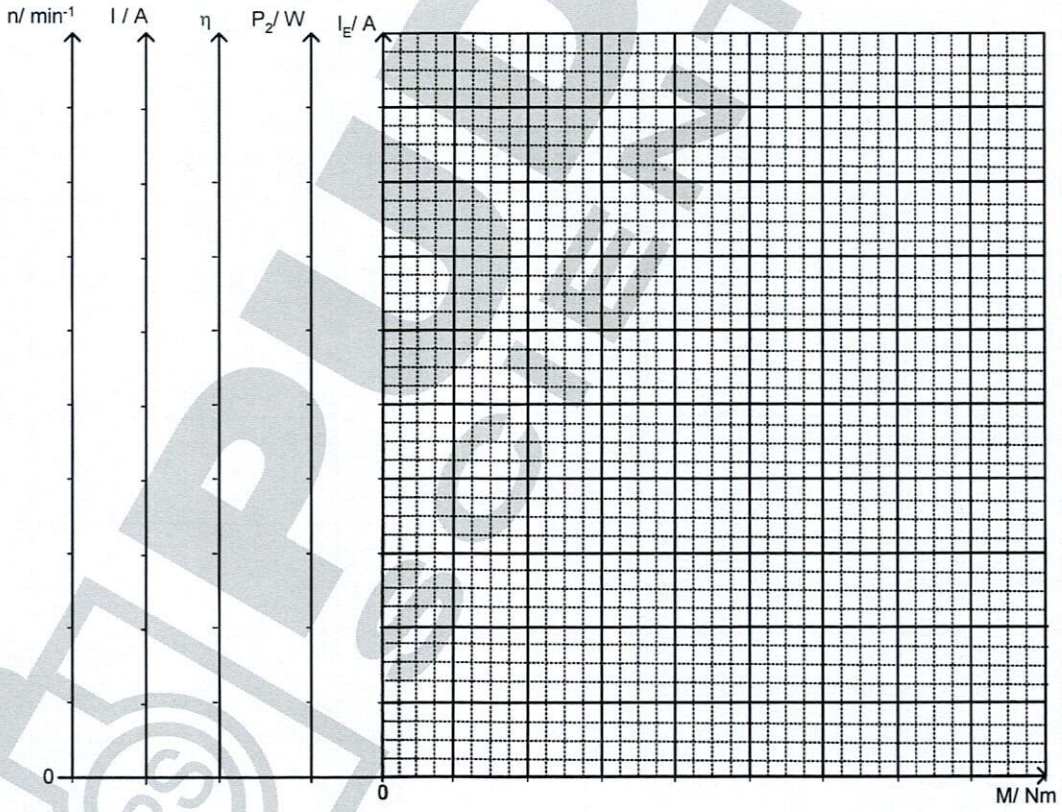
16. Lakukan perhitungan untuk mengisi tabel 3.1 di atas dengan persamaan:

Daya output : $P_2 = \frac{M.n}{9.95}$ efesiensi : $\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{3P_{1\,Str}}$

17. Tekan tombol ON-OFF ke posisi "OFF" Unit control brake machine dan kembalikan posisi potensiometer ke arah posisi minimum.

Hubungan Motor Brake dan Unit Control Brake Machine pada suhu 70°C akan terputus akibat gesekan, putusnya hubungan ini ditandai dengan lampu indikator menyala. Untuk dapat melanjutkan percobaan harus ditunggu sampai lampu indikator padam.

18. Kemudian putuskan sumber tegangan dengan motor sinkron, sehingga motor berhenti berputar.
19. Buatkan grafik dari hasil pengukuran dan perhitungan untuk I_f, n, I, P_2, η sebagai fungsi torsi (M) pada grafik 3.2.



Grafik 3.2

20. Setelah selesai melakukan percobaan, rapikan semua peralatan dan simpan di tempat yang sudah ditentukan.

VI. Pertanyaan.

1. Jelaskan daya output dan komsumsi arus sebagai fungsi beban dalam rentang tanpa berbeban sampai ke beban nominal.
2. Jelaskan kecepatan motor sebagai fungsi beban dalam rentang tanpa berbeban sampai ke beban nominal.
3. Dari hasil percobaan yang anda lakukan buatkan kesimpulan dengan menganalisa hasil pengukuran dan perhitungan yang di tuangkan dalam bentuk grafik.

VII. Kesimpulan.

PUDAK SCIENTIFIC

PUDAK SCIENTIFIC	Kurva "V" pada Motor Sinkron 3 fasa I = f(IE) dengan M Konstan	LE40004

I. Tujuan

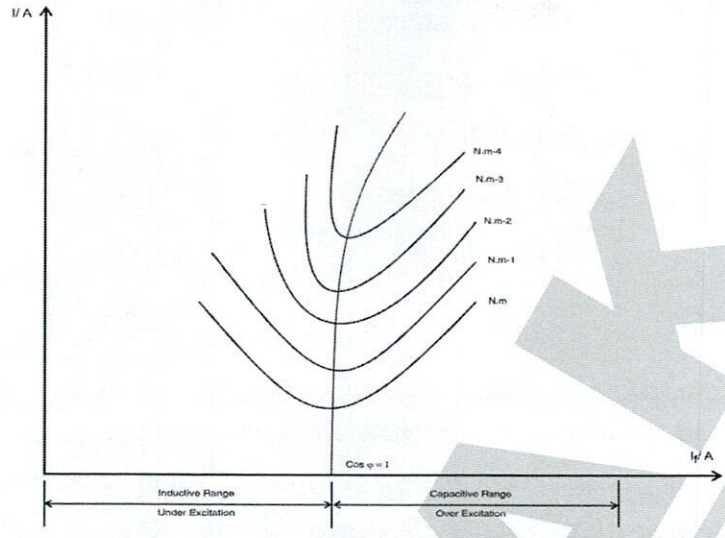
Setelah melaksanakan percobaan ini, saudara diharapkan dapat:

1. Mengetahui cara kerja motor sinkron tiga fasa.
2. Menentukan karakteristik kurva-V pada motor sinkron tiga fasa dengan M Konstan, Arus (I) fungsi arus eksitasi (I_f).
3. Melakukan pengukuran besaran-besaran listrik yang diperlukan untuk menentukan karakteristik motor sinkron tiga fase.
4. Membuat grafik dari hasil pengukuran.
5. Membuat kesimpulan dari hasil percobaan.

II. Pendahuluan

Pada saat motor sinkron memikul beban mekanis yang konstan, penambahan arus medan akan menyebabkan bertambahnya tegangan jangkar E_a motor (ggl lawan). Tapi kenaikan arus medan I_f dan tegangan jangkar E_a tidak mempengaruhi besar daya nyata yang disupply oleh motor sinkron dan kecepatan putaran motor. Karena daya yang disupply motor sinkron hanya akan berubah bila torsi beban yang dipikul motor berubah.

Bertambahnya nilai tegangan jangkar E_a akan menyebabkan arus jangkar I_a akan semakin kecil sampai arus minimumnya dan selanjutnya akan bertambah besar. Pada saat sebelum E_a bertambah besar, arus jangkar I_a adalah lagging dan motor merupakan beban induktif. Saat arus medan yang diberikan pada motorsemakin besar yang menyebabkan tegangan jangkar juga semakin besar, arus jangkar akan menjadi leading. Pada kondisi ini motor merupakan beban kapasitif yang dapat menyupalay daya reaktif Q ke sistem. Hubungan arus medan I_f dan arus jangkar I_a pada kondisi ini diperlihatkan pada plot gambar 4.1 di bawah ini. Plot seperti ini disebut dengan kurva V motor sinkron.



Gambar 4.1

Untuk masing-masing kurva pada gambar 4.1 di atas, arus jangkar minimum terjadi saat factor daya sama dengan 1, yakni ketika hanya daya nyata yang disuplai ke motor.

III. Buku Bacaan

Untuk membantu dan menambah pengetahuan tentang materi pada percobaan ini, pemakai disarankan membaca buku-buku yang berikut ini:

1. Chapman, S.J., *Fundamentals of Electric Machines*, Mc-Graw Hill Book Company. New York: 1991.
2. Nagrath, I.J., *Electrical Machine,* Tata Mc-Graw Hill Book Company. New Delhi: 1958.

IV. Peralatan

Utama	:	Universal Power Supply	PTE-154-001	1 Unit
	:	Three phase Synchronous AC Machine	PTE-046-08	1 Unit
	:	Field Regulation for AC and DC Machines	PTE-046-08	1 Unit
	:	Unit Control Brake Machine	PTE-046-11	1 Unit
	:	Motor Starter And Protection Circuit Breaker	PTE-046-18	1 Unit
	:	Main Switch	PTE-046-22	1 Unit
	:	Power Meter Digital	PTE-046-28	1 Unit
	:	Brake Machine	PTE-046-10	1 Unit
	:	PB Change Switch	PTE-048-07	1 Unit
	:	Indicator Lamps	PTE-048-09	1 Unit

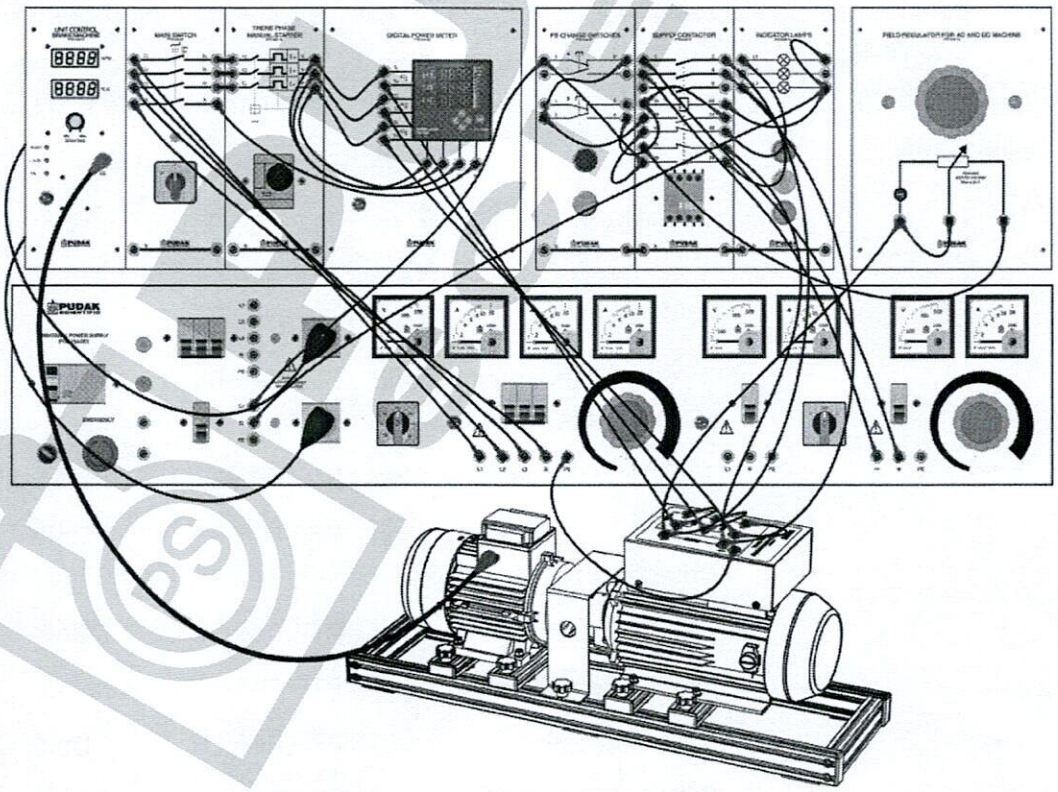
	:	Supply Contactor	PTE-048-12	1 Unit
	:	Safety Connecting Leads		
	:	Reil DIN		1 Set
	:	Safety Coupling		
Pendukung	:	Multimeter		1 unit

V. Langkah Kerja

- ***Pastikan sumber tegangan stabil antara fasa ke fasa 380V ± 10 % dan 220 ± 10 % fasa ke Neutral sesuai dengan IEC 60038.***
- ***Mengetahui tentang keselamatan kerja di laboratorium listrik***
- ***Perhatikan hal-hal yang perlu diproteksi saat sebelum melakukan percobaan dan sesuai dengan IEC 60364.***
- ***Baca terlebih dahulu langkah-langkah percobaan sebelum melakukan percobaan.***

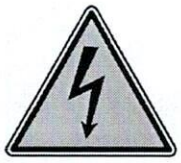
A. Menentukan kurva "V" dengan Motor Sinkron 3 Fasa terhubung Delta

1. Siapkan peralatan yang dibutukan seperti gambar 4.2 di bawah ini, serta alat pendukung lainnya.



Gambar 4.2 Rangkaian motor sinkron untuk menentukan kurva "V" pada motor terhubung Delta.

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 4.2 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.



Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesuai dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
7. Pastikan sumber tegangan yang terhubung ke motor sinkron hubungan Delta sebesar 220V AC line to line.
8. Atur posisi Rheostat ke posisi maksimum.
9. Atur sumber tegangan DC kira-kira 10% dari tegangan maksimumnya.
10. Tekan tombol ON-OFF ke posisi "ON" yang ada pada power meter digital, sehingga modul power meter digital berfungsi.
11. Tekan tombol ON-OFF ke posisi "ON" yang ada pada Unit control Brake Machine, sehingga modul unit control brake machine berfungsi, kemudian atur potensiometer sehingga memberikan nilai yang ada pada tabel 4.1 sampai dengan tabel 4.5.

Hubungan Motor Brake dan Unit Control Brake Machine pada suhu 70°C akan terputus akibat gesekan, putusnya hubungan ini ditandai dengan lampu indikator menyala. Untuk dapat melanjutkan percobaan harus ditunggu sampai lampu indikator padam.

12. Atur tegangan eksitasi yang terhubung pada terminal F1 dan F2 secara berlahan dan catat setiap perubahan nilai sesui dengan ketentuan yang ada pada tabel 4. 1-4.5.

Catt: untuk cos σ = 1 ≈ 0.99 dan -.099.

Tabel 4.1

$\frac{I_f}{A}$										
$\frac{M}{Nm}$	**0.5 Konstan**									
$\frac{I}{A}$										
$Cos\,\varphi$					-0.99	0.99				
	Kapasitif				Resistif		Induktif			
	Over excitation						Under excitation			

Tabel 4.2

$\frac{I_f}{A}$										
$\frac{M}{Nm}$	**1 Konstan**									
$\frac{I}{A}$										
$Cos\,\varphi$					-0.99	0.99				
	Kapasitif				Resistif		Induktif			
	Over excitation						Under excitation			

Tabel 4.3

$\frac{I_f}{A}$										
$\frac{M}{Nm}$	**1.5 Konstan**									
$\frac{I}{A}$										
$Cos\,\varphi$					-0.99	0.99				
	Kapasitif				Resistif		Induktif			
	Over excitation						Under excitation			

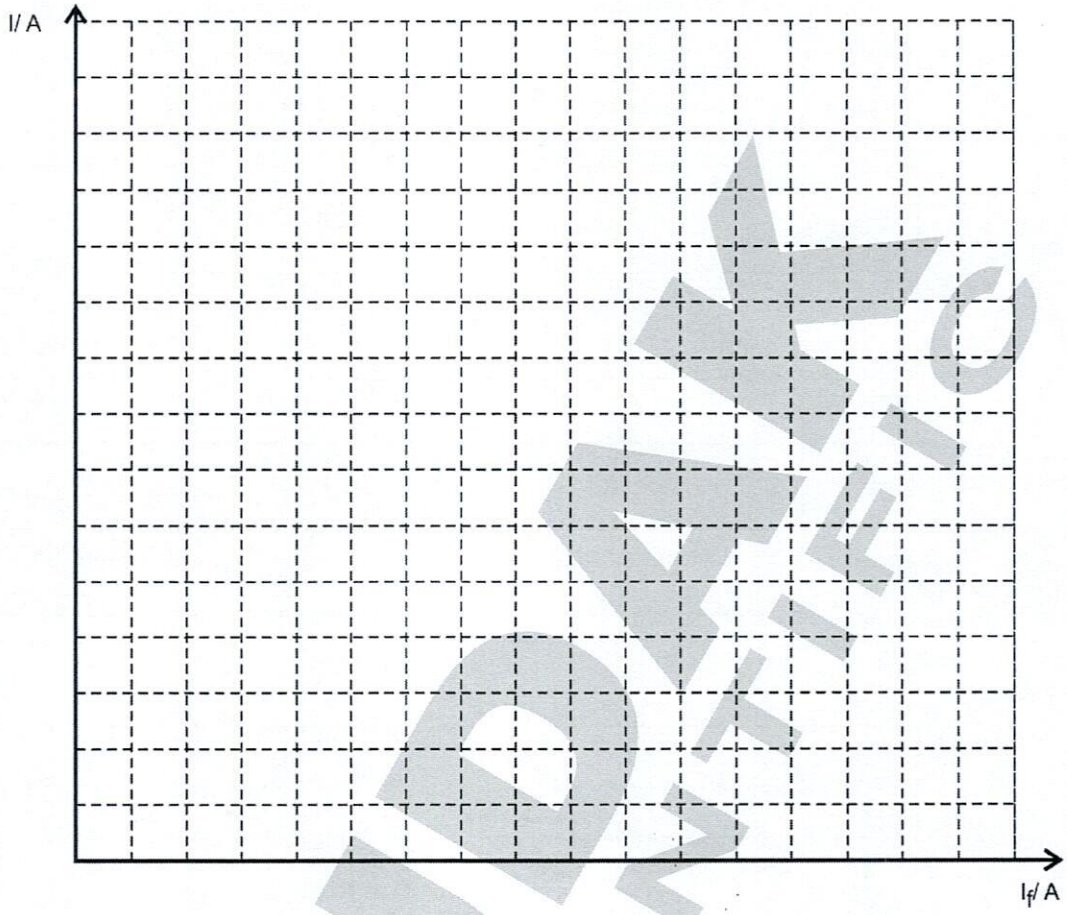
Tabel 4.4

$\frac{I_f}{A}$										
$\frac{M}{Nm}$	**2 Konstan**									
$\frac{I}{A}$										
$Cos\,\varphi$					-0.99	0.99				
	Kapasitif				Resistif		Induktif			
	Over excitation						Under excitation			

Tabel 4.5

$\frac{I_f}{A}$										
$\frac{M}{Nm}$	**2.5 Konstan**									
$\frac{I}{A}$										
$Cos\,\varphi$					-0.99	0.99				
	Kapasitif				Resistif		Induktif			
	Over excitation						Under excitation			

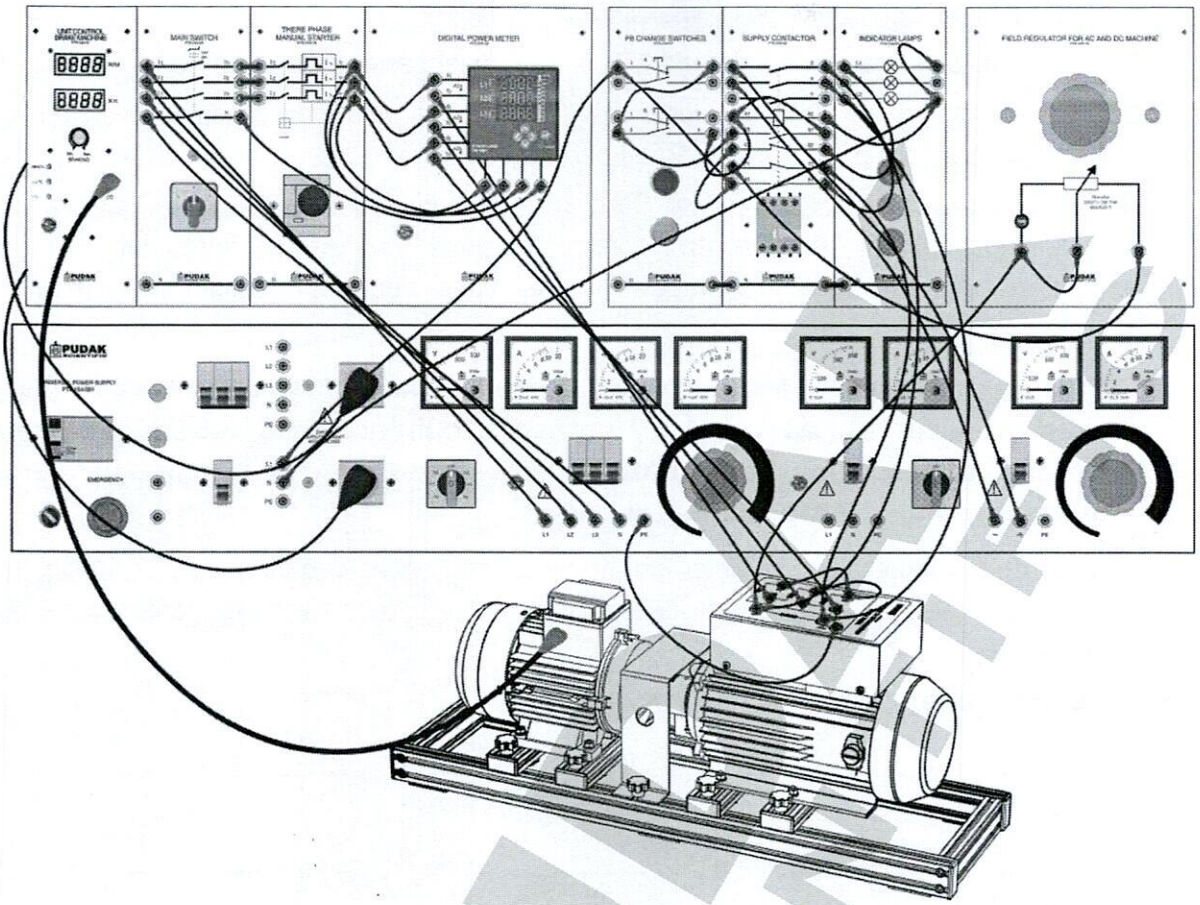
13. Setelah selesai melakukan pengukuran, tekan tombol ON-OFF ke posisi "OFF" dan kembalikan posisi potensiometer ke posisi minimum.
14. Kemudian putuskan sumber tegangan dengan motor sinkron, sehingga motor berhenti berputar.
15. Buatkan grafik dari hasil pengukuran arus (I) sebagai fungsi arus eksitasi I_f pada grafik 4.1.



Grafik 4.1

B. Menentukan kurva "V" dengan Motor Sinkron 3 Fasa Terhubung Bintang.

1. Ubah rangkaian gambar 4.2 yang semula motor terhubung Delta menjadi motor terhubung Bintang seperti gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3 Rangkaian motor sinkron untuk menentukan kurva "V" pada motor terhubung Bintang.

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 4.3 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesuai dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
7. Pastikan sumber tegangan yang terhubung ke motor sinkron hubungan Delta sebesar 380V AC line to line.

8. Atur posisi Rheostat ke posisi maksimum.
9. Atur sumber tegangan DC kira-kira 10% dari tegangan maksimumnya.
10. Tekan tombol ON-OFF ke posisi "ON" yang ada pada power meter digital, sehingga modul power meter digital berfungsi.
16. Tekan tombol ON-OFF ke posisi "ON" yang ada pada Unit control Brake Machine, sehingga modul unit control brake machine berfungsi, kemudian atur potensiometer sehingga memberikan nilai yang ada pada tabel 4.6 sampai dengan 4.10.

Hubungan Motor Brake dan Unit Control Brake Machine pada suhu 70°C akan terputus akibat gesekan, putusnya hubungan ini ditandai dengan lampu indikator menyala. Untuk dapat melanjutkan percobaan harus ditunggu sampai lampu indikator padam.

17. Atur tegangan eksitasi yang terhubung pada terminal F1 dan F2 secara berlahan dan catat setiap perubahan nilai sesuai dengan ketentuan yang ada pada tabel 4. 1- 4.10

Catt: untuk cos σ = 1 ≈ 0.99 dan -.099.

Tabel 4.6

$\frac{I_E}{A}$										
$\frac{M}{Nm}$	**0.5 Konstan**									
$\frac{I}{A}$										
$Cos\,\varphi$					-0.99	0.99				
	Kapasitif				Resistif		Induktif			
	Over excitation						Under excitation			

Tabel 4.7

$\frac{I_E}{A}$										
$\frac{M}{Nm}$	**1 Konstan**									
$\frac{I}{A}$										
$Cos\,\varphi$					-0.99	0.99				
	Kapasitif				Resistif		Induktif			
	Over excitation						Under excitation			

Tabel 4.8

$\frac{I_E}{A}$										
$\frac{M}{Nm}$	**1.5 Konstan**									
$\frac{I}{A}$										
$Cos\,\varphi$					-0.99	0.99				
	Kapasitif				Resistif		Induktif			
	Over excitation						Under excitation			

Tabel 4.9

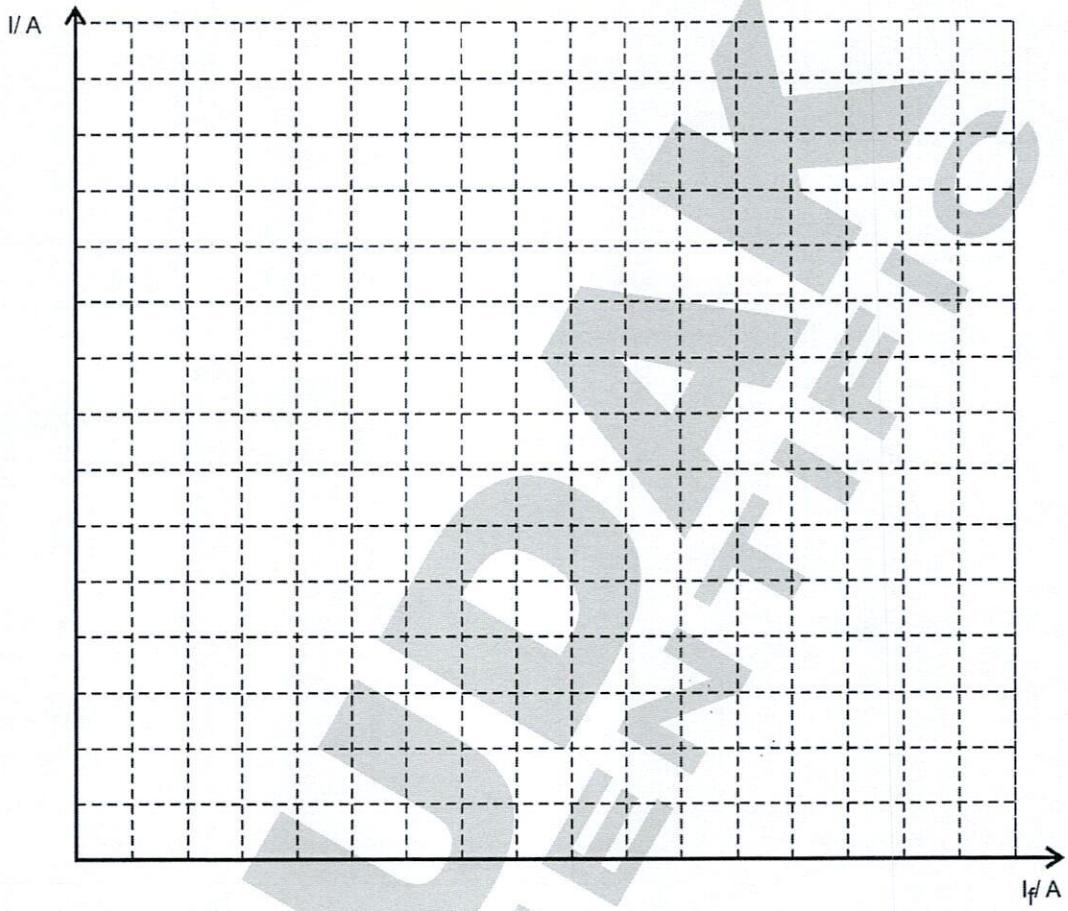
$\frac{I_E}{A}$										
$\frac{M}{Nm}$	**2 Konstan**									
$\frac{I}{A}$										
$Cos\,\varphi$					-0.99	0.99				
	Kapasitif				Resistif		Induktif			
	Over excitation						Under excitation			

Tabel 4.10

$\frac{I_E}{A}$										
$\frac{M}{Nm}$	**2.5 Konstan**									
$\frac{I}{A}$										
$Cos\,\varphi$					-0.99	0.99				
	Kapasitif				Resistif		Induktif			
	Over excitation						Under excitation			

18. Setelah selesai melakukan pengukuran, tekan tombol ON-OFF ke posisi "OFF" dan kembalikan posisi potensiometer ke posisi minimum.
19. Kemudian putuskan sumber tegangan dengan motor sinkron, sehingga motor berhenti berputar.

20. Buatkan grafik dari hasil pengukuran arus (I) sebagai fungsi arus eksitasi I_f pada grafik 4.2.



Grafik 4.2

21. Dari hasil percobaan yang anda lakukan buatkan kesimpulan dengan menganalisa hasil pengukuran dan perhitungan yang dituangkan dalam bentuk grafik.

VI. Pertanyaan.

1. Apa efek dari pembebanan terhadap kurva "V"?
2. Pada saat motor terhubung Delta dan Bintang, apakah ada perbedaan kurva "V" yang signifikan? Jelaskan!

VII. Kesimpulan.

PUDAK SCIENTIFIC	Mengatur Kecepatan Motor 3 Fasa Rotor Sangkar dengan Variable Speed Drive	LE40005

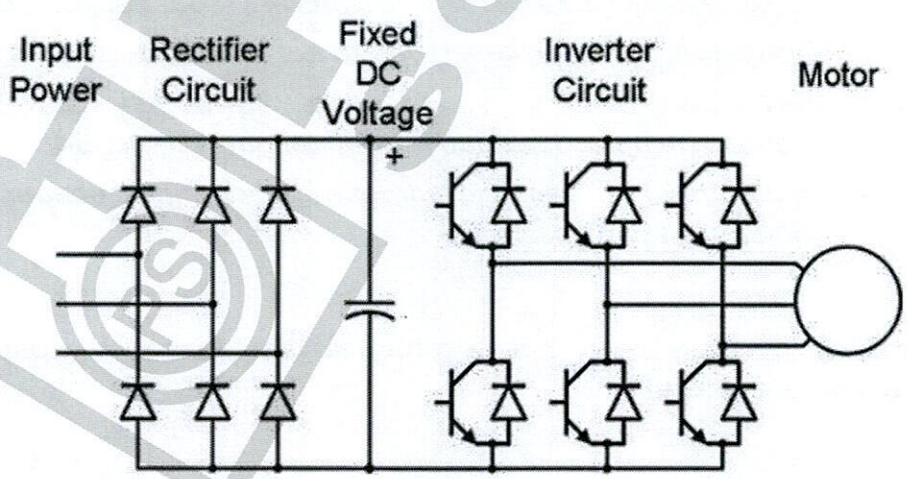
I. Tujuan

Setelah melaksanakan percobaan ini, saudara diharapkan dapat:

1. Merakit Motor 3 fasa rotor sangkar dengan Variable Speed Drive.
2. Melakukan penyettingan fungsi-fungsi pada Variable Speed Drive.
3. Melakukan fungsi kontrol external dan internal untuk pengaturan kecepatan motor 3 fasa rotor sangkar.
4. Dapat melakukan pengukuran untuk setiap perubahan kecepatan pada motor 3 fasa rotor sangkar.
5. Membuat grafik dari hasil pengukuran
6. Dapat memberikan analisa dan kesimpulan terkait percobaan yang telah dilakukan.

II. Pendahuluan

Inverter/Variable Speed Drive merupakan sebuah alat pengatur kecepatan motor dengan mengubah nilai frekuensi dan tegangan yang masuk ke motor. Pengaturan nilai frekuensi dan tegangan ini dimaksudkan untuk mendapatkan kecepatan putaran dan torsi motor yang diinginkan atau sesuai dengan kebutuhan. Secara sederhana prinsip dasar inverter untuk dapat mengubah frekuensi menjadi lebih kecil atau lebih besar yaitu dengan mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC kemudian dijadikan tegangan AC lagi dengan frekuensi yang berbeda atau dapat diatur.



Gambar 5.1 Diagram blok Variable Speed Drive

III. Buku Bacaan

Untuk membantu dan menambah pengetahuan tentang materi pada percobaan ini, pemakai disarankan membaca buku-buku yang berikut ini:

1. Chapman, S.J., *Fundamentals of Electric Machines*, Mc-Graw Hill Book Company. New York: 1991.
2. Nagrath, I.J., *Electrical Machine,* Tata Mc-Graw Hill Book Company. New Delhi: 1958.

IV. Peralatan

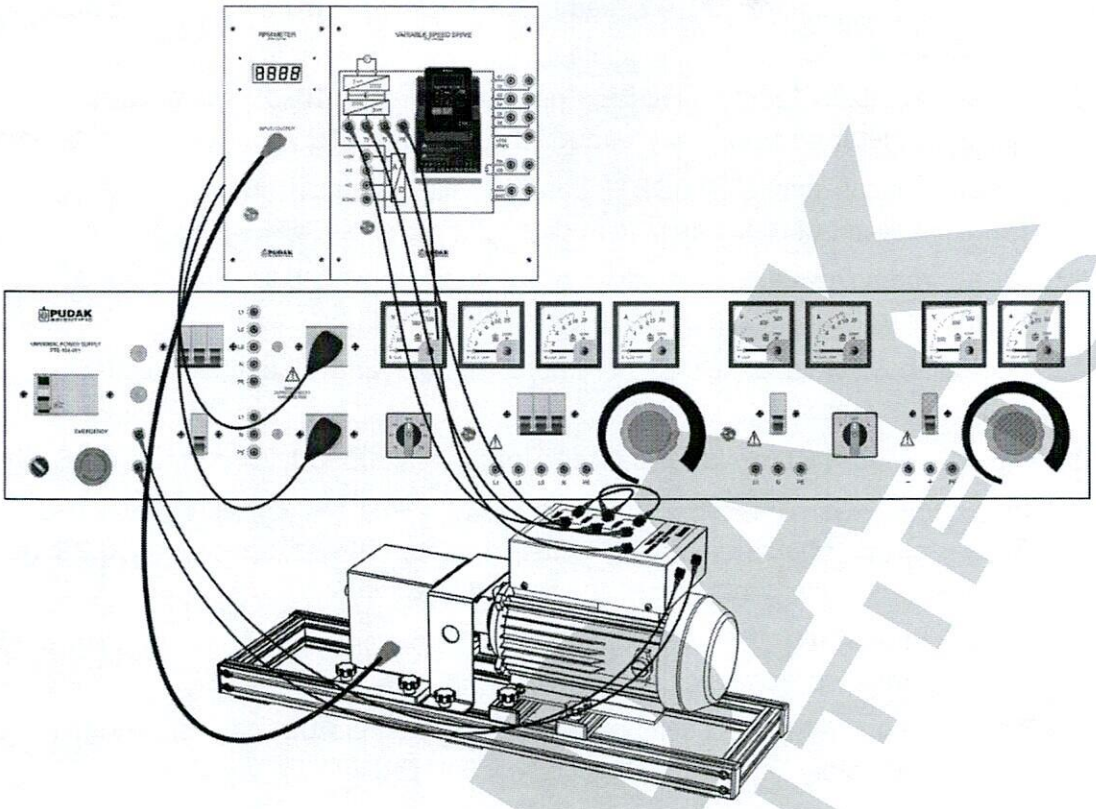
Utama	:	Universal Power Supply	PTE-154-001	1 Unit
	:	Three phase Squirrel Cage AC Machine	PTE-046-05	1 Unit
	:	Indicator Lamps	PTE-048-09	1 Unit
	:	RPM Meter	PTE-124-06	1 Unit
	:	Potentiometer	PTE-048-27	1 Unit
	:	Variable Speed Drive	PTE-145-002	1 Unit
	:	Toggle Switch	PTE-048-37	1 Unit
	:	Encoder	PTE-052-33	1 Unit
	:	Safety Connecting Leads		
	:	Reil DIN		1 Set
	:	Safety Coupling		
Pendukung	:	Multimeter		1 unit

IV. Langkah Kerja

- ***Pastikan sumber tegangan stabil antara fasa ke fasa 380V ± 10 % dan 220 ± 10 % fasa ke Neutral sesuai dengan IEC 60038.***
- ***Mengetahui tentang keselamatan kerja di laboratorium listrik***
- ***Perhatikan hal-hal yang perlu diproteksi saat sebelum melakukan percobaan dan sesuai dengan IEC 60364.***
- ***Baca terlebih dahulu langkah-langkah percobaan sebelum melakukan percobaan.***

A. Kontrol kecepatan motor 3 fasa rotor sangkar dengan Varibale Speed Drive Secara internal.

1. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 5.1 di bawah ini.



Gambar 5.2 Rangkaian kontrol internal VSD dengan motor 3 fasa rotor sangkar

2. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

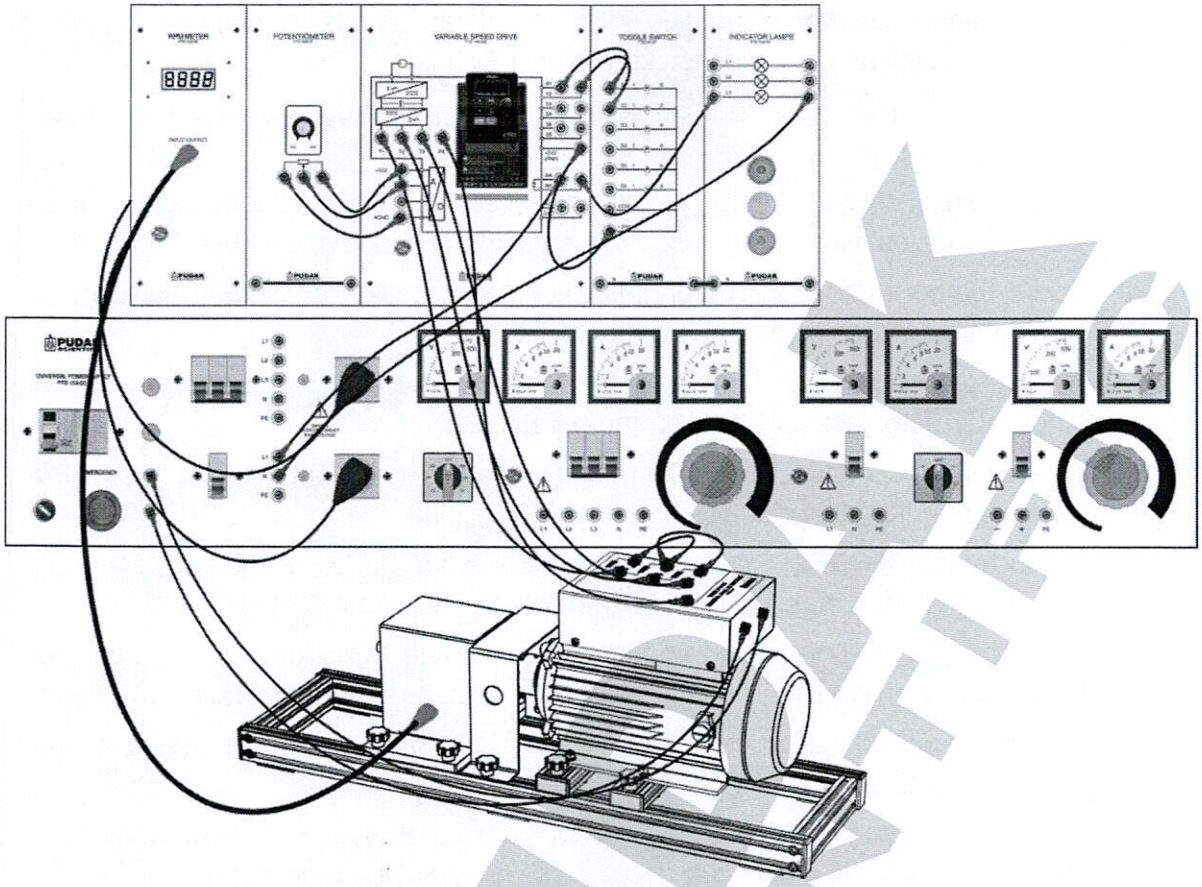
Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

3. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
4. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesuai dengan template yang ada pada motor.
5. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
6. Hubungkan sumber tegangan 1 fasa pada variable Speed Drive.
7. Lakukan penyettingan parameter-parameter untuk kontrol internal (Lihat buku manual L510s).
8. Sebelum dilakukan penyettingan pastikan display pada VSD berfungsi, kemudian tekan tombol **MODE.**

9. Pilih untuk parameter **00-02**, kemudian isi dengan **0** kemudian tekan tombol **ENTER**.
10. Tekan kembali tombol **MODE**, pilih parameter **00-05** kemudian pilih **1** (potensiometer pada keypad) kemudian **tekan ENTER.**
11. Tekan kembali tombol **MODE**, kemudian pilih paramater **01-02** isi dengan **50** (Batas maksimum frekuensi), kemudian tekan tombol **ENTER**.
12. Tekan tombol **MODE**, kemudian pilih parameter **01-08** isi dengan **2** (batas minimum frekuensi), kemudian tekan tombol **ENTER**.
13. Kemudian lakukan pengisian parameter motor yang digunakan sesuai dengan name plate motor.
14. Tekan tombol **MODE**, kemudian pilih parameter **02-00**, isi dengan **0.38** (arus beban nol sesuai name plate motor) kemudian tekan tombol **ENTER.**
15. Tekan tombol **MODE**, kemudian pilih parameter **02-01**, isi dengan **0.38** (arus nominal motor) kemudian tekan tombol **ENTER**.
16. Tekan tombol **MODE**, kemudian pilih parameter **02-03,** isi dengan **2850** (kecepatan rotor) kemudian tekan tombol **ENTER**.
17. Tekan tombol **MODE**, kemudian pilih parameter **02-04,** isi dengan **380** (tegangan motor) kemudian tekan tombol **ENTER**.
18. Setelah selesai dilakukan untuk penyettingan parameter-parameter dasar, tekan tombol **RUN**, kemudian perhatikan perputaran motor 3 fasa rotor sangkar.
19. Putar potensiometer ke arah maksimum dan perhatikanlah perputaran motor.
20. Setelah motor berputar maksimum skrg putar potensiometer kearah minimum dan amati juga seberapa cepat motor berputar.
21. Setelah selesai, putuskan sumber listrik yang ada pada VSD.

B. Kontrol kecepatan motor 3 fasa rotor sangkar dengan Variable Speed Drive Secara External kontrol kecepatan motor 3 fasa rotor sangkar dengan Variable Speed Drive secara internal.

1. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 5.3 di bawah ini.



Gambar 5.3 Rangkaian kontrol eksternal VSD dengan motor 3 fasa rotor sangkar

2. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
3. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesuai dengan template yang ada pada motor.
4. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
5. Hubungkan sumber tegangan 1 fasa pada variable Speed Drive.
6. Lakukan penyettingan parameter-parameter untuk kontrol internal dan parameter-parameter motor. (Lihat buku manual L510s).
7. Sebelum dilakukan penyettingan pastikan display pada VSD berfungsi, kemudian tekan tombol **MODE**.
8. Pilih untuk parameter **00-02**, kemudian isi dengan **1** (ekternal Run/Stop kontrol) kemudian tekan tombol **ENTER**.
9. Tekan kembali tombol **MODE**, pilih parameter **00-05** kemudian pilih **2** (eksternal tegangan analog) kemudian **tekan ENTER.**
10. Tekan kembali tombol **MODE**, kemudian pilih paramater **01-02** isi dengan **50** (Batas maksimum frekuensi), kemudian tekan tombol **ENTER.**

11. Tekan tombol **MODE**, kemudian pilih parameter **01-08** isi dengan **2** (batas minimum frekuensi), kemudian tekan tombol **ENTER.**
12. Kemudian lakukan pengisian parameter motor yang digunakan sesuai dengan name plate motor.
13. Tekan tombol **MODE**, kemudian pilih parameter **02-00**, isi dengan **0.38** (arus beban nol sesuai name plate motor) kemudian tekan tombol **ENTER.**
14. Tekan tombol **MODE**, kemudian pilih parameter **02-01**, isi dengan **0.38** (arus nominal motor) kemudian tekan tombol **ENTER.**
15. Tekan tombol **MODE**, kemudian pilih parameter **02-03,** isi dengan **2850** (kecepatan rotor) kemudian tekan tombol **ENTER.**
16. Tekan tombol **MODE**, kemudian pilih parameter **02-04,** isi dengan **380** (tegangan motor) kemudian tekan tombol **ENTER.**
17. Tekan tombol **MODE**, kemudian pilih parameter **03-00,** isi dengan **0** (toggle S1 di berikan 0V arah maju dan stop) kemudian tekan tombol **ENTER.**
18. Tekan tombol **MODE**, kemudian pilih parameter **03-01,** isi dengan **1** (toggle S2 di berikan 0V arah mundur dan stop) kemudian tekan tombol **ENTER.**
19. Setelah selesai dilakukan untuk penyettingan parameter-parameter dasar, rubah posisi toggle di S1 ke posisi ON.
20. Perhatikan perputaran motor, kemudian putar potensiometer yang terhubung secara eksternal untuk mengatur cepat atau lambatnya motor berputar.
21. Kemudian rubah kembali posisi toggle S1 ke posisi OFF dan perhatikan apa yang terjadi pada perputaran motor. Apakah motor berhenti berputar?
22. Rubah posisi toggle S2 ke posisi ON, kemudian perhatikan apakah motor berputar? dan jika motor berputar apakah searah dengan perputaran motor sebelumnya?
23. Untuk mengatur cepat lambatnya motor berputar, putar potensiometer ke posisi maksimum.
24. Setelah selesai melakukan percobaan, kembalikan toggle S2 ke posisi OFF.
25. Putuskan sumber listrik dari rangkaian.

V. Pertanyaan.

1. Apa yang anda ketahui dengan Variable Speed Drive?
2. Apa yang dilakukan sehingga motor dapat di kontrol secara internal dan eksternal?
3. Apa yang disebut dengan waktu saat motor mulai berputar dan waktu motor akan berhenti? Dan apakah waktu tersebut dapat diatur?

VI. Kesimpulan.

PUDAK SCIENTIFIC	Motor Sinkron 3 Fasa sebagai Generator 3 Fasa	LE40006

I. Tujuan

Setelah melaksanakan percobaan ini, saudara diharapkan dapat:

1. Merakit rangkaian seperti gambar yang telah diberikan.
2. Merakit rangkaian generator untuk rangkaian Delta dan Bintang.
3. Mengukur besar tegangan pada rangkaian Delta dan Bintang pada Generator Sinkron 3 fasa.
4. Membuktikan nilai tegangan line to line sama dengan √3 kali tegangan line to Netral.
5. Dapat memberikan analisa dan kesimpulan terkait percobaan yang telah dilakukan.

II. Pendahuluan

Listrik sudah menjadi bagian yang penting bagi kehidupan manusia saat ini. Arus listrik dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk menghidupkan berbagai macam alat-alat listrik. Arus listrik didapatkan dari konversi sumber energi lainnya seperti energi panas, energi gerak dan lain sebagainya menjadi energi listrik.

Generator merupakan sebuah alat yang mampu menghasilkan arus listrik. Generator arus bolak-balik berfungsi mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik arus bolak-balik. Genarator arus bolak-balik sering disebut juga sebagai alternator atau generator AC atau juga generator sinkron. Alat ini sering dimanfaatkan di industri untuk menggerakkan beberapa mesin yang menggunakan arus listrik sebagai sumber penggerak. Generator arus bolak-balik dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. Generator arus bolak-balik 1 fasa
2. Generator arus bolak-balik 3 fasa

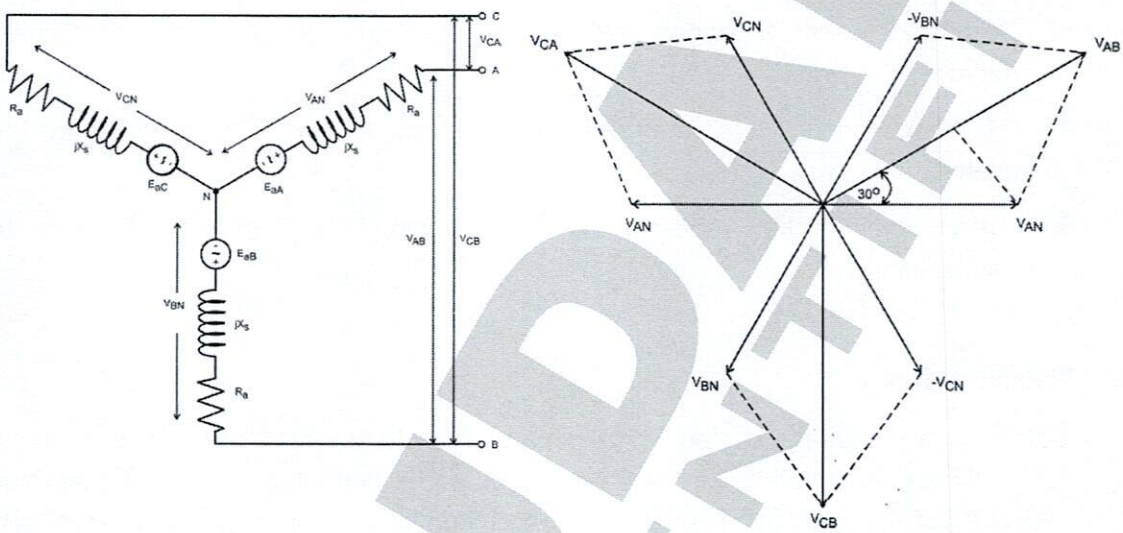
Prinsip kerja generator arus bolak-balik:

1. Ketika kumparan diputar, kumparan mengalami perubahan garis gaya magnet yang semakin sedikit, sehingga pada kedua kumparan mengalir arus listrik mengitari kumparan sehingga kumparan sinusoid.
2. Pada posisi sinusoid kumparan tidak mengalami perubahan gaya magnet sehingga tidak ada listrik yang mengalir pada kumparan.
3. Pada posisi ini kumparan mendapat garis-garis magnet maksimum.
4. Kumparan terus berputar sehingga perubahan tempat pada kedua sisi.
5. Kumparan mengalami perubahan garis gaya magnet yang bertambah banyak, sehingga pada setiap sisi kumparan mengalir arus listrik yang berlawanan sehinga posisi kumparan sinusoidal.

6. Agar menimbulkan medan magnet yang berpotongan dengan konduktor pada stator, rotor di beri eksitasi. Karena ada dua kutub yang berbeda, utara dan selatan, maka tegangan yang dihasilkan pada stator adalah tegangan bolak-balik dengan gelombang sinusoidal.

Pada Generator 3 fasa sinkron hubungan antara arus dan tegangan pada rangkaian Star-Delta:

A. Generator terhubung secara Bintang.



(a) Rangkaian hubunggan Bintang (b) Diagram fasor tegangan

Gambar 6.1

Dari gambar 6.1 di atas, tegangan V_{AB}, V_{BC} dan V_{CA} merupakan tegangan line to line dimana:

$$V_{AB} = V_{AN} + V_{NB} = V_{AN} - V_{BN}$$
$$V_{BC} = V_{BN} + V_{NC} = V_{BN} - V_{CN}$$
$$V_{CA} = V_{CN} + V_{NA} = V_{CN} - V_{AN}$$

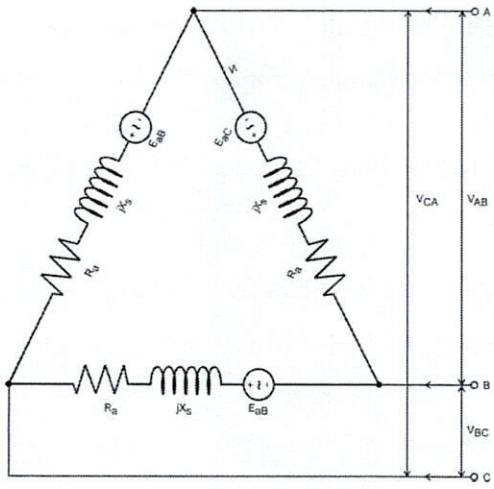
Pada gambar 6.1b memperlihatkan diagram phasor di mana dapat dilihat bahwa tegangan phase V_{AN}, V_{BN} dan V_{CN} memiliki magnitude yang sama namun terpisah satu sama lain sebesar 120^0. Tegangan line V_{AB} merupakan penjumlahan dari vektor V_{AN} dan $-V_{BN}$ begitupun dengan tegangan line V_{BC} dan V_{CA} dan juga terpisah 120^0 satu dengan yang lainnya.

$$V_{AB} = V_{BC} = V_{CA} = 2V_{AN}\, Cos30^0$$

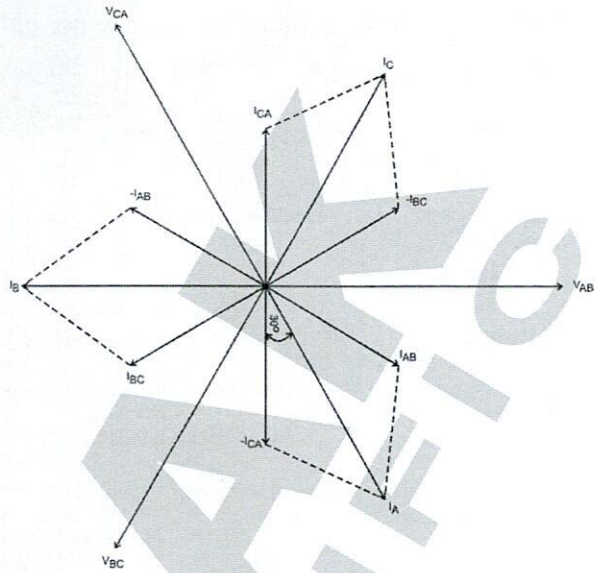
Jadi:

$$V_{AB} = \sqrt{3}.V_{AN}$$

B. Generator terhubung secara Delta.



(a) Hubungan Delta pada rangkaian lisrtik



(b) Phasor arus dan tegangan

Gambar 6.2

Pada hubungan Delta tegangan fasa sama dengan tegangan line to line sementara arus dalam rangkaian dapat dihitung dengan persamaan:

$$I_{AB} = \frac{V_{AB}}{Z} = \frac{V_L}{Z} < -\theta^0$$

$$I_{BC} = \frac{V_{BC}}{Z} = \frac{V_L < -120^0}{Z < \theta^0} = \frac{V_L}{Z} < -120^0 - \theta^0$$

$$I_{CA} = \frac{V_{CA}}{Z} = \frac{V_L < -240^0}{Z < \theta} = \frac{V_L}{Z} < -240^0 - \theta^0$$

dan arus line I_A, I_B dan I_B bisa diperoleh dengan menerapkan hukum kircoffs.

$$I_A = I_{ab} - I_{ca}$$

$$I_B = I_{bc} - I_{ab}$$

$$I_C = I_{ca} - I_{bc}$$

$$I_A = \sqrt{3}.I_{AB} < -30 = \sqrt{3}.\left(\frac{V_L}{Z}\right) < -\theta^0 .< -30^0$$

$$= \sqrt{3}.(I_{ph}) < -30^0 - \theta^0$$

$$I_B = \sqrt{3}.I_{BC} < -30^0 = \sqrt{3}.I_{ph} < -150^0 - \theta^0$$

$$I_C = \sqrt{3}.I_{CA} < -30^0 = \sqrt{3}.I_{ph} < -\theta^0 - 270^0$$

Dari persamaan di atas, dapat dilihat bahwa besar arus yang mengalir pada line I_A adalah $\sqrt{3}$ kali besar arus phase I_{ph}.

III. Buku Bacaan

Untuk membantu dan menambah pengetahuan tentang materi pada percobaan ini, pemakai disarankan membaca buku-buku yang berikut ini:

1. Chapman, S.J., *Fundamentals of Electric Machines*, Mc-Graw Hill Book Company. New York: 1991.
2. Nagrath, I.J., *Electrical Machine,* Tata Mc-Graw Hill Book Company. New Delhi: 1958.

IV. Peralatan

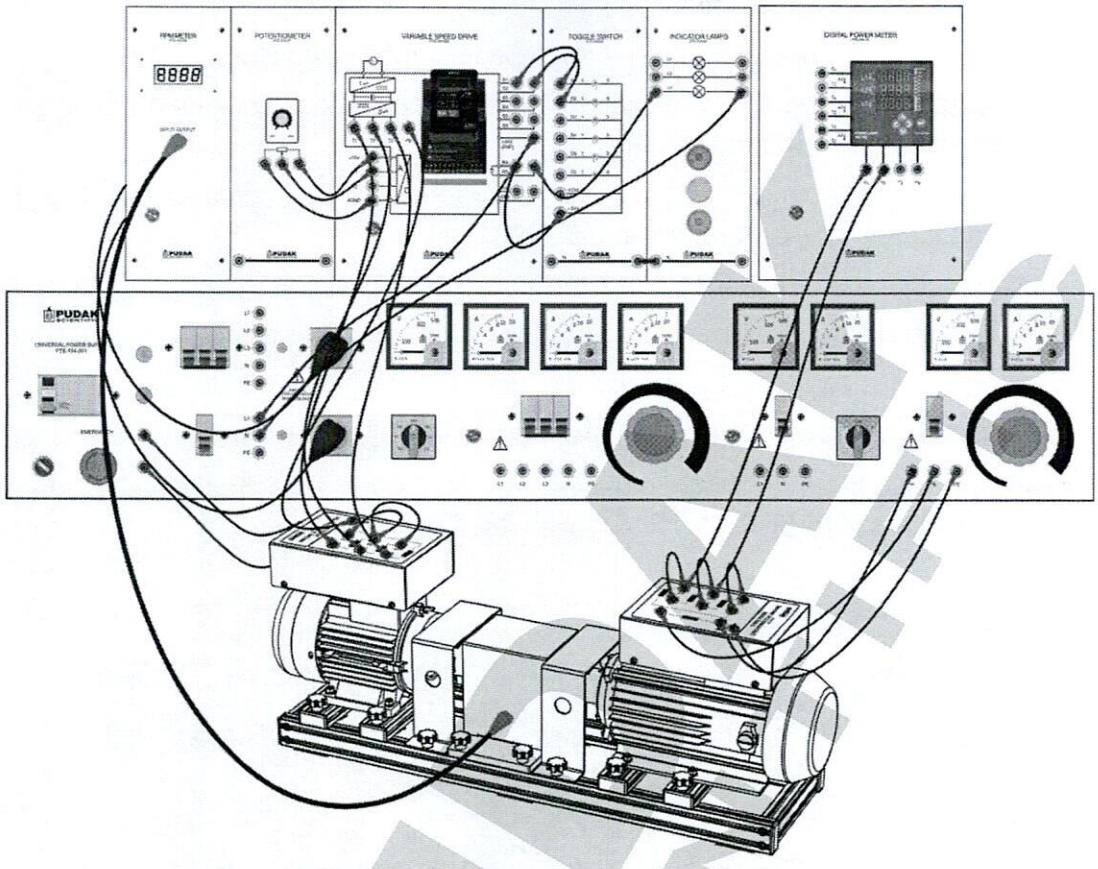
Utama	:	Universal Power Supply	PTE-154-001	1 Unit
	:	Three phase Synchronous AC Machine	PTE-046-08	1 Unit
	:	Motor Asyncronous rotor sangkar 3 fasa	PTE-046-05	1 Unit
	:	Variable Speed Drive	PTE-154-002	1 Unit
	:	Encoder	PTE-052-33	1 Unit
	:	RPM Meter	PTE-124-06	1 Unit
	:	Indicator Lamps	PTE-048-09	1 Unit
	:	Power Meter Digital	PTE-046-28	1 Unit
	:	Toggle Switch	PTE-048-37	1 Unit
	:	Potensiometer	PTE-048-27	1 Unit
	:	Safety Connecting Leads		
	:	Reil DIN		
	:	Safety Coupling		
	:	Rubber Coupling		
Pendukung	:	Mulitimeter Digital		1 Unit

V. Langkah Kerja

- ***Pastikan sumber tegangan stabil antara fasa ke fasa 380V ± 10 % dan 220 ± 10 % fasa ke Neutral sesuai dengan IEC 60038.***
- ***Mengetahui tentang keselamatan kerja di laboratorium listrik***
- ***Perhatikan hal-hal yang perlu diproteksi saat sebelum melakukan percobaan dan sesuai dengan IEC 60364.***
- ***Baca terlebih dahulu langkah-langkah percobaan sebelum melakukan percobaan.***

A. Generator Sinkron 3 fasa dengan tegangan keluaran terhubung Delta

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan seperti gambar 6.3 di bawah ini, serta alat pendukung lainnya.



Gambar 6.3 Rangkaian Generator Sinkron 3 fasa terhubung Delta

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 6.3 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

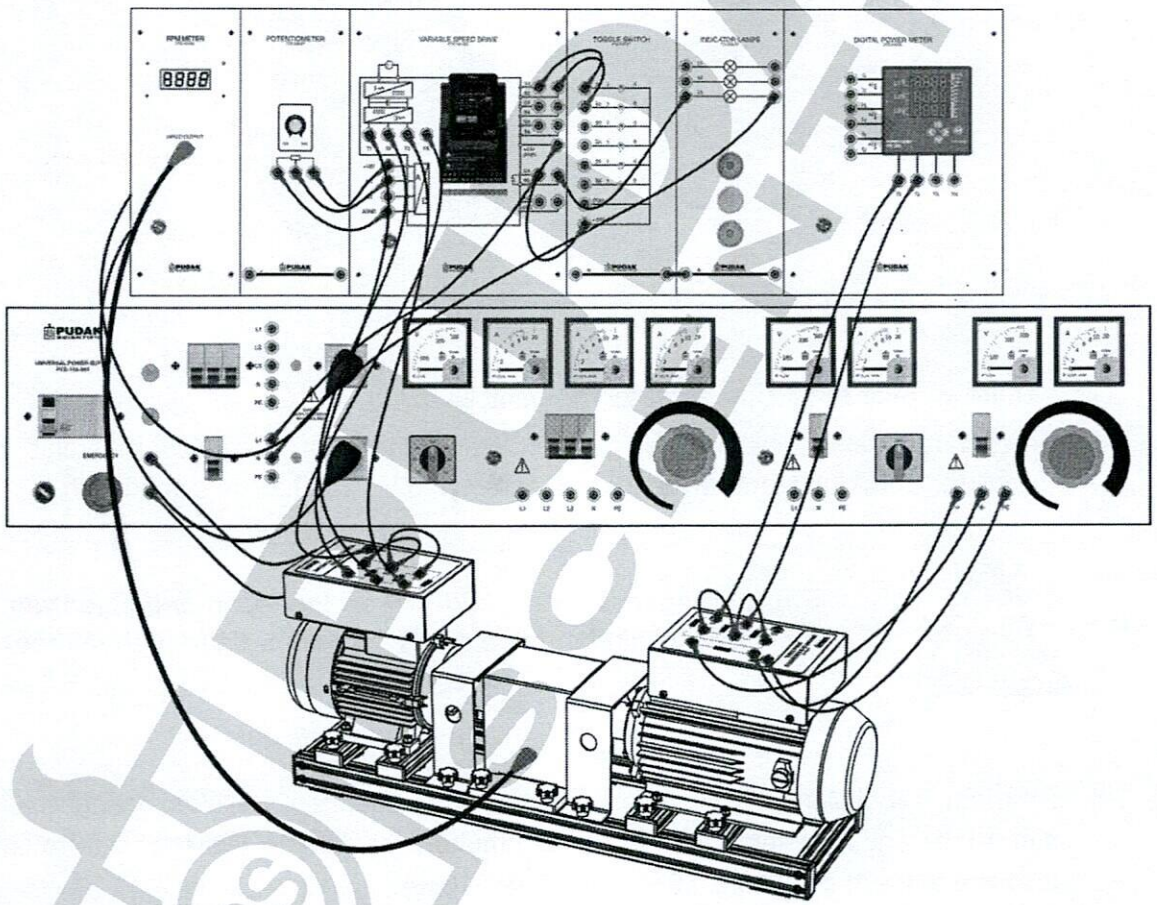
Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesuai dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
7. Hubungkan sumber tegangan 1 fasa pada variable Speed Drive.
8. Lakukan penyettingan parameter-parameter untuk kontrol eksternal (Lihat buku manual L510s).

9. Hubungkan sumber tegangan pada RPM meter dan Power Meter Digital
10. Hubungkan terminal F1 dan F2 pada pada sumber tegangan DC 220V
11. Rubah posisi toggle S1 ke posisi 1 pada Variable Speed Drive dan perhatikan yang terjadi Apakah motor berputar?
12. Putar potensiometer untuk menaikkan putaran motor asinkron yang digunakan untuk memutar generator sampai 3000 RPM.
13. Kemudian ukur tegangan yang dihasilkan oleh generator pada saat 3000 RPM.
14. Setelah selesai dilakukan pengukuran putuskan sumber listrik dari rangkaian.

B. Generator Sinkron 3 fasa dengan tegangan keluaran terhubung Bintang

1. Dari gambar 6.3, rubah rangkaian di sisi tegangan output menjadi hubungan Bintang seperti gambar 6.4 di bawah ini.



Gambar 6.4 Rangkaian Generator Sinkron terhubung Bintang

2. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

3. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
4. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesuai dengan template yang ada pada motor.
5. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
6. Hubungkan sumber tegangan 1 fasa pada variable Speed Drive.
7. Lakukan penyettingan parameter-parameter untuk kontrol eksternal (Lihat buku manual L510s).
8. Hubungkan sumber tegangan pada RPM meter dan Power Meter Digital.
9. Hubungkan terminal F1 dan F2 pada pada sumber tegangan DC 220V.
10. Rubah posisi toggle S1 ke posisi 1 pada Variable Speed Drive dan perhatikan yang terjadi Apakah motor berputar?
11. Putar potensiometer untuk menaikkan putaran motor asinkron yang digunakan untuk memutar generator sampai 3000 RPM.
12. Kemudian ukur tegangan yang dihasilkan oleh generator pada saat 3000 RPM.
13. Setelah selesai dilakukan pengukuran putuskan sumber listrik dari rangkaian.

VI. Pertanyaan.

1. Dari hasil pengukuran untuk generator terhubung Delta dan Bintang apa yang bisa anda amati?
2. Buktikan perbandingan generator hubungan bintan dengan generator hubungan delta sama dengan √3 atau 1.73.

VII. Kesimpulan.

PUDAK SCIENTIFIC	Karakteristik Generator 3 Fasa Motor Sinkron Beban Nol dan Hubung Singkat	LE40007

I. Tujuan

Setelah melaksanakan percobaan ini, saudara diharapkan dapat:

1. Merakit rangkaian untuk percobaan generator 3 fasa tanpa beban dan hubung singkat.
2. Melakukan pengukuran tegangan keluaran V_t dengan kecepatan generator konstan sebagai fungsi dari arus penguatan I_f pada generator beban Nol.
3. Melakukan pengukuran arus hubung singkat I_{sc} dengan kecepatan generator konstan sebagai fungasi dari arus penguatan I_f pada generator terhubung singkat sampai arus jangkar di perolah maksimum.
4. Membuat grafik dari hasil pengukuran.
5. Menentukan impedansi dan reaktansi sinkron.
6. Mengukur tahanan jangkar dengan menggunakan arus searah.
7. Dapat memberikan analisa dan kesimpulan terkait percobaan yang telah dilakukan.

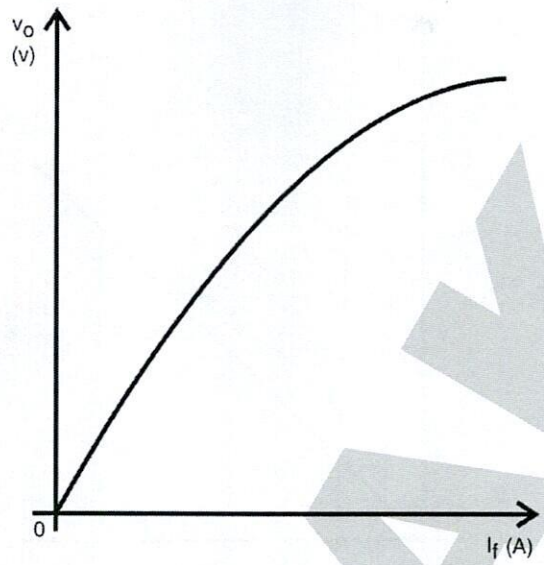
II. Pendahuluan

Parameter generator sinkron dibutuhkan pada dasarnya untuk menggambarkan rangkaian ekivalen beserta karakteristiknya, maka untuk memperoleh parameter-parameter tersebut maka diperlukan identifikasi ataupun pengujian-pengujian sebagai berikut:

1. Pengujian Beban Nol.

Pengujian beban nol terkait dengan karakteristik beban nol yaitu hubungan antara tegangan induksi E_a dengan arus penguat/ eksitasi I_f. pada pengujian beban nol, rotor generator diputar pada kecepatan nominal dan terminal jangkar dalam keadaan terbuka. Arus medan I_f diatur bertahap dari nol hingga diperoleh harga tegangan induksi E_a berkisar kurang lebih 125% dari tegangan nominal generator.

Pada kondisi ini arus jangkar $I_a = 0$ dan tegangan induksi $E_a = V_t$. Pembacaan tegangan induksi jangkar dengan pengaruh variasi medan eksitasi digambarkan dalam sebuah kurva yang ditunjukkan oleh 7.1



Gambar 7.1 Karakteristik Beban Nol

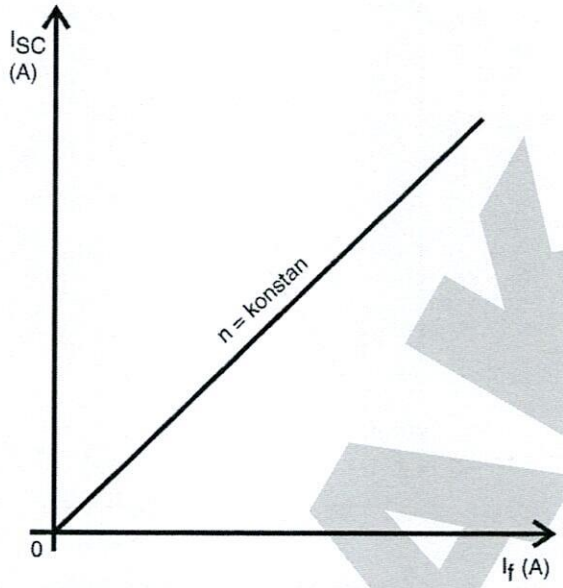
Dari gambar 7.1 di atas tampak bahwa kurva tersebut memiliki garis linier sampai diperoleh harga saturasi dariu arus medan. Pada keadaan belum jenuh (unsaturated), rangka (frame) besi mesin sinkron memiliki reluktansi yang besarnya beberapa ribu kali lebih kecil dibandingkan dengan reluktansi celah udara, sehingga pada mulanya hampir semua GGL melalui celah udara, sebagai akibatnya fluks meningkat secara linier. Ketika pada akhirnya inti besi tersebut jenuh, reluktasinya meningkat secara dramis, sehingga peningkatan fluks jauh lebih lambat dari pada peningkatan GGL (hal ini yang digambarkan oleh kurva melengkung). Garis linier pada kurva tersebut disebut juga sebagai celah udara (air gap).

2. Pengujian generator terhubung singkat.

Pengujian hubung singkat terkait dengan karakteristik hubung singkat yaitu hubungan antara arus jangkar I_a dengan arus penguat/ eksitasi I_f. Pada pengujian hubung singkat, mula-mula arus medan dibuat menjadi nol dan terminal jangkar dihubung singkat melalui amperemeter. Generator Sinkron diputar pada kecepatan nominal dan dipertahankan tetap konstan. Lalu arus jangkar diperbesar dengan menaikkan secara bertahap arus medan sehingga tercapai nilai arus jangkar maksimum yang masih aman sekitar 125% - 150% dari arus nominal jangkar. Karakteristik hubung singkat merupakan garis lurus. Pada kondisi hubung singkat, tegangan terminal $V_t = 0$ dan arus jangkar sama dengan arus hubung singkat ($I_a = I_{sc}$), dapat dirumuskan:

$$I_a = I_{sc} = \frac{E_a}{R_a + jX_s}$$

Pembacaan arus jangkar atau arus hubung singkat dengan pengaruh medan eksitasi digambarkan dalam sebuah kurva yang ditunjukkan oleh gambar 7.2



Gambar 7.2 Karakteristik hubung singkat

Kurva tersebut merupakan kurva linier karena tidak adanya efek saturasi. Saat tegangan terminal sama dengan nol, lebih dari 90% tegangan jatuh muncul akibat reaktansi sinkron.

3. Menentukan Impedansi dan Reaktansi.

Jika tidak terjadi saturasi, impedansi sinkron Z_s akan bernilai tetap. Secara aktual Z_s bervariasi saat terjadi saturasi. Untuk menghitung voltage regulation, hanya satu nilai Z_s yang digunakan. Umumnya nilai Z_s yang digunakan tersebut diperoleh dari arus hubung singkat I_{sc} yang terbesar dan besar tegangan induksi beban nol E_{bn} saat terjadi saturasi dengan arus medan penguat/ eksitasi I_f yang sama. Nilai impedansi sinkron Z_s dan rektasi sinkron X_s per fasa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Z_s = \frac{E_{bn}}{I_{sc}}$$

$$X_s = \sqrt{Z_s^{\,2} - R_a^{\,2}}$$

Dimana:

E_{bn} = Tegangan induksi beban nol saat terjadi saturasi pada arus medan tertentu (V)

I_{sc} = Arus hubung singkat pada arus medan yang sama saat saturasi (A)

Z_s = Impedansi Sinkron (Ω)

X_s = Reaktansi Sinkron (Ω)

R_a = Tahanan Jangkar (Ω)

4. Pengukuran Tahanan Jangkar dengan Arus Searah.

Pengukuran tahanan jangkar arus searah R_{a-DC} biasanya menggunakan metode voltmeter-amperemeter. Dimana kumparan jangkar dihubungkan kepada sumber tegangan arus searah ketika mesin sinkron dalam keadaan diam lalu di ukur besar arus yang mengalir pada kumparan jangkar. Pengukuran dengan menggunakan sumber tegangan DC dimaksudkan bahwa reaktansi kumparan jangkar akan menjadi nol selama pengukuran. Arus yang mengalir pada kumparan jangkar diatur pada nilai nominalnya suapaya kumparan berada pada temperatur operasi normal. Jika kumparan jangkar terhubung bintang dan netral tidak tersedia maka besar tahanan jangkar arus searah R_{a-DC} per fasa dapat dihitung dengan persamaan. Sedangkan jika kumparan jangkar terhubung delta maka tahanan jangkar arus searah per fasa dapat dihitung dengan persamaan:

$$R_{a-DC} = \frac{V_{DC}}{2I_{DC}}$$

Dan jika kumparan jangkar terhubung Delta maka tanahan jangkar arus searah R_{a-DC} adalah:

$$R_{a-DC} = \frac{3V_{DC}}{2I_{DC}}$$

Dimana:

V_{DC} = Tegangan arus searah pada kedua terminal jangkar (V)

I_{DC} = Arus searah yang mengalir pada kumparan jangkar (A)

R_{a-DC} = Tahanan jangkar arus searah (Ω)

Nilai tahanan jangkar arus searah (R_{a-DC}) merupakan nilai pendekatan karena saat kumparan jangkar mengalirkan arus bolak-balik maka nilai tahanan jangkar akan meningkat karena efek kulit. Sehingga perlu diketahui nilai tahanan jangkar efektif yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_{a-efektif} = k \cdot R_{a-DC}$$

Dimana nilai k = 1.2 sampai dengan 1.3.

III. Buku Bacaan

Untuk membantu dan menambah pengetahuan tentang materi pada percobaan ini, pemakai disarankan membaca buku-buku yang berikut ini:

1. Chapman, S.J.,"*Fundamentals of Electric Machines*", Mc-Graw Hill Book Company. New York: 1991.
2. Nagrath, I.J., "*Electrical Machine*", Tata Mc-Graw Hill Book Company. New Delhi: 1958.

IV. Peralatan

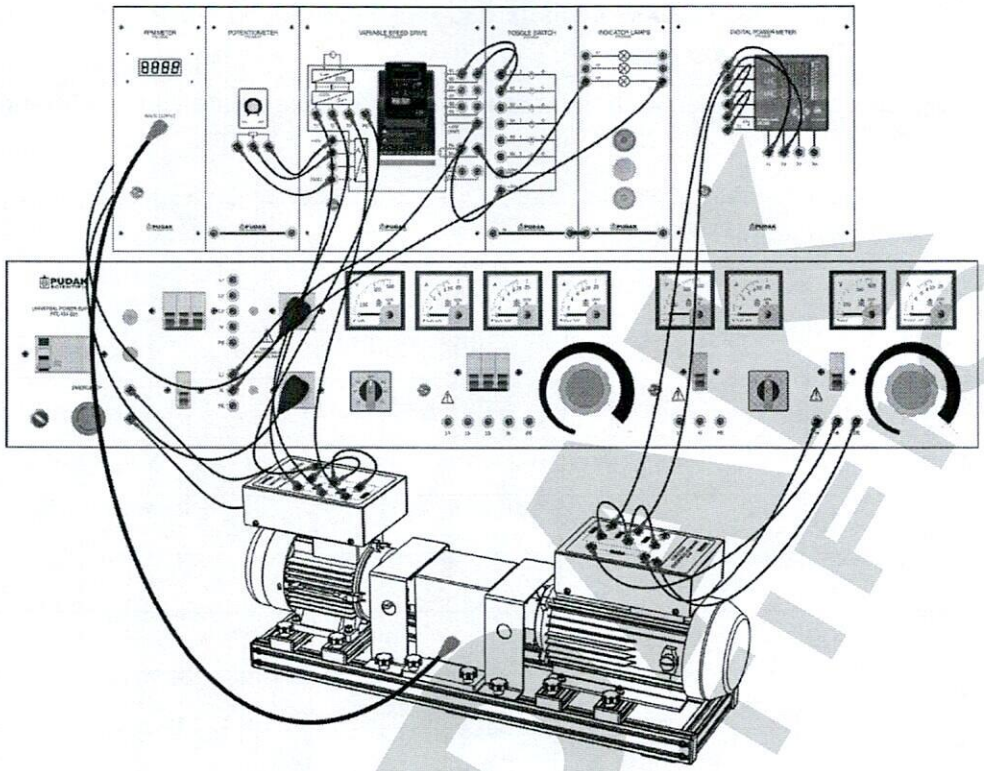
Utama	:	Universal Power Supply	PTE-154-001	1 Unit
	:	Three phase Synchronous AC Machine	PTE-046-08	1 Unit
	:	Motor Asynchronous rotor sangkar 3 fasa	PTE-046-05	1 Unit
	:	Variable Speed Drive	PTE-154-002	1 Unit
	:	Encoder	PTE-052-33	1 Unit
	:	RPM Meter	PTE-124-06	1 Unit
	:	Indicator Lamps	PTE-048-09	1 Unit
	:	Power Meter Digital	PTE-046-28	1 Unit
	:	Toggle Switch	PTE-048-37	1 Unit
	:	Potensiometer	PTE-048-27	1 Unit
	:	Safety Connecting Leads		
	:	Reil DIN		
	:	Safety Coupling		
	:	Rubber Coupling		
Pendukung	:	Mulitimeter Digital		1 Unit

V. Langkah Kerja

- ***Pastikan sumber tegangan stabil antara fasa ke fasa 380V ± 10 % dan 220 ± 10 % fasa ke Neutral sesuai dengan IEC 60038.***
- ***Mengetahui tentang keselamatan kerja di laboratorium listrik***
- ***Perhatikan hal-hal yang perlu diproteksi saat sebelum melakukan percobaan dan sesuai dengan IEC 60364.***
- ***Baca terlebih dahulu langkah-langkah percobaan sebelum melakukan percobaan.***

A. Generator Sinkron 3 fasa Hubungan Bintang beban Nol.

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan seperti gambar 7.3 di bawah ini, serta alat pendukung lainnya.



Gambar 7.3 Generator Sinkron 3 fasa hubungan Bintang beban Nol

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 7.3 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesuai dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
7. Hubungkan sumber tegangan 1 fasa pada variable Speed Drive.
8. Lakukan penyettingan parameter-parameter untuk kontrol eksternal (Lihat buku manual L510s).
9. Hubungkan sumber tegangan pada RPM meter dan Power Meter Digital
10. Hubungkan terminal F1 dan F2 pada pada sumber tegangan DC 0V

11. Ubah posisi toggle S1 ke posisi 1 pada Variable Speed Drive dan perhatikan yang terjadi Apakah motor berputar?
12. Putar potensiometer kearah maksimum sampai kecepatan motor mencapai 3000 RPM.
13. Kemudian naikkan tegangan eksitasi secara berlahan seperti yang ada pada tabel 7.1 di bawah ini.

Tabel 7.1

Kecepatan motor 3000 RPM Konstan						
No	+Vf (V)	If (A)	Vo (V)	-Vf (V)	If (A)	Vo (V)
1	20			220		
2	40			200		
3	80			180		
4	100			160		
5	120			140		
6	140			120		
7	160			100		
8	180			80		
9	200			40		
10	220			20		

Catt: +Vf (V), Kenaikan tegangan Eksitasi dari 0 - 220 VDC dan -Vf (V) tegangan eksitasi semakin mengecil dari 220 - 0V.

14. Setelah selesai dilakukan pengukuran, ulangi percobaan dengan tegangan eksitasi konstan dan kecepatan variable seperti tabel 7.2 di bawah ini.

Tabel 7.2

Tegangan eksitasi konstan 220V DC				
No	+N (RPM)	Vo (V)	-N (RPM)	Vo (V)
1	250		3000	
2	500		2750	
3	750		2500	
4	1000		2250	
5	1250		2000	
6	1500		1750	
7	1750		1500	

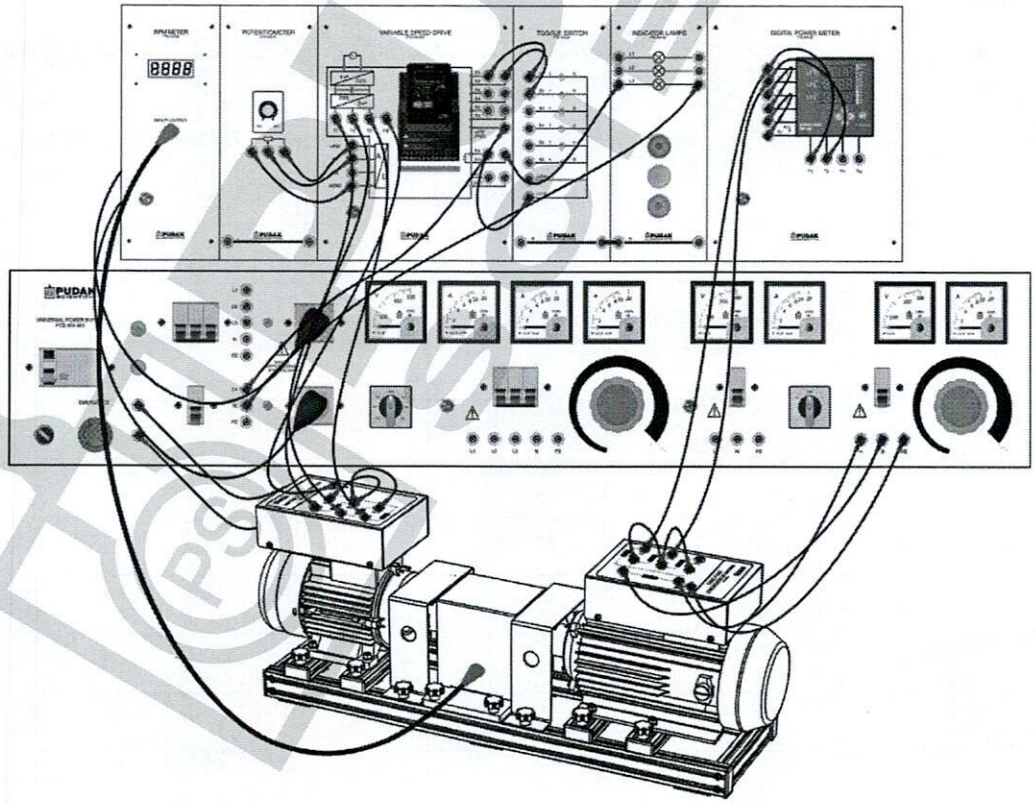
8	2000		1250	
9	2250		1000	
10	2500		750	
11	2750		500	
12	3000		250	

Catt: +n (RPM), Kenaikan RPM dari 250 - 3000 RPM dan -n (RPM) kecepatan dari 3000 -250 RPM.

15. Setelah selesai melakukan percobaan, rubah posisi togle S1 ke posisi "0" dan motor berhenti beputar.
16. Putuskan rangkaian dari sumber listrik.
17. Buatlah grafik hasil dari pengukuran tabel 7.1 dan tabel 7.2.

B. Generator Sinkron 3 fasa hubung singkat

1. Dari gambar 7.3 rubah rangkaian di sisi tegangan output menjadi hubungan singkat seperti gambar 7.4 di bawah ini.



Gambar 7.4 Generator sinkron 3 fasa hubung singkat

2. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

3. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
4. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesui dengan template yang ada pada motor.
5. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
6. Hubungkan sumber tegangan 1 fasa pada variable Speed Drive.
7. Lakukan penyettingan parameter-parameter untuk kontrol eksternal (Lihat buku manual L510s).
8. Hubungkan sumber tegangan pada RPM meter dan Power Meter Digital
9. Hubungkan terminal F1 dan F2 pada pada sumber tegangan DC 0V
10. Ubah posisi toggle S1 ke posisi 1 pada Variable Speed Drive dan perhatikan yang terjadi Apakah motor berputar?
11. Putar potensiometer ke arah maksimum sampai kecepatan motor mencapai 3000 RPM.
12. Kemudian naikkan tegangan eksitasi secara bertahap seperti tabel 7.3 di bawah ini.

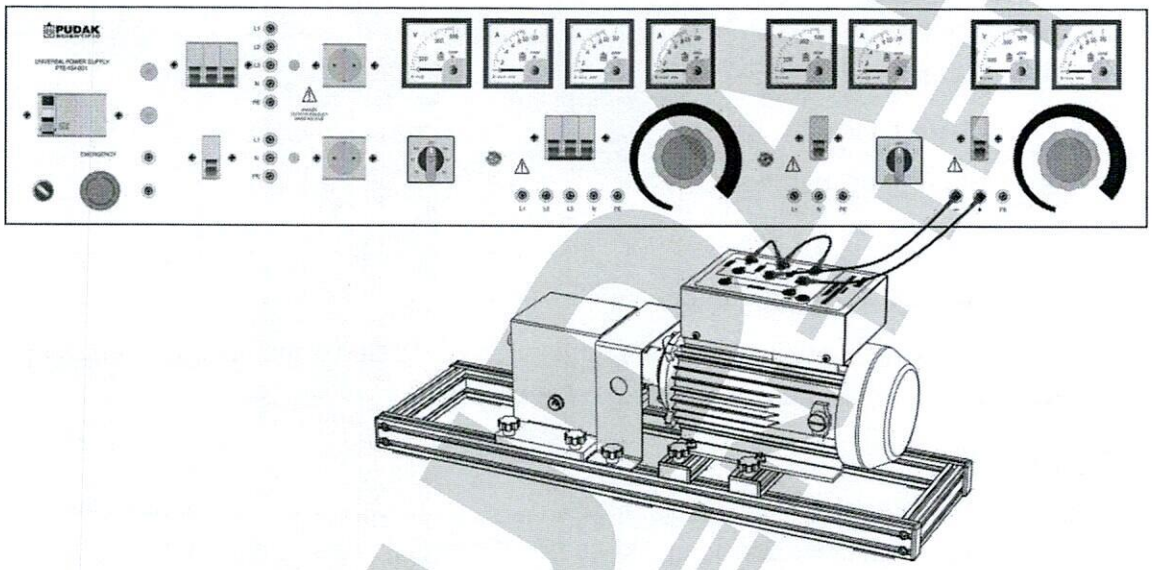
Tabel 7.3

No	Vf (V)	Ia = Isc (A)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		125% In

13. Setelah selesai melakukan percobaan, rubah posisi togle S1 ke posisi "0" dan motor berhenti beputar.
14. Putuskan rangkaian dari sumber listrik.
15. Buatlah grafik hasil dari pengukuran tabel 7.3

C. Mengukur tahanan jangkar (Ra)

1. Lakukan pengukuran nilai tahanan jangkar (Ra) dengan memberikan sumber tegangan DC yang variable seperti gambar 7.5 di bawah ini.



Gambar 7.5 Pengukuran tahanan jangkar

2. Kemudian ukur tegangan dan arus yang mengalir pada saluran.
3. Selanjutnya hitung nilai tahanan jangkar dengan menggunakan hukum Ohm seperti persamaan di atas.
4. Setelah selesai pengukuran, putuskan sumber listrik dari rangkaian, kemudian bongkar peralatan yang digunakan.
5. Rapikan semua peralatan yang digunakan dan simpan ditempat yang telah disediakan.

VI. Pertanyaan.

1. Hitung impedansi sinkron dan reaktansi sinkron dari hasil pengukuran.
2. Buat karakteristik motor sinkron dengan metode potier.
3. Berikan analisa yang menjadi kesimpulan dari pengamatan selama melakukan percobaan.

VII. Kesimpulan.

I. Tujuan

Setelah melaksanakan percobaan ini, saudara diharapkan dapat:

1. Merakit rangkaian seperti gambar yang telah diberikan.
2. Dapat melakukan pengukuran untuk setiap besaran listrik sesuai dengan tabel yang diberikan pada beban Resistif.
3. Menentukan karakterisitik beban pada generator 3 fasa saat kecepatan dan tegangan eksitasi konstan yang antara lain:
   a. IL (A) fungsi dari beban
   b. Vt (V) fungsi dari beban
   c. Daya (W) fungsi dari beban
   d. Faktor daya fungsi dari beban
4. Menggambarkan grafik dari hasil pengukuran fungsiDapat memberikan analisa dan kesimpulan terkait percobaan yang telah dilakukan.

II. Pendahuluan

Beban resistif (Resistor), adalah beban yang berasal dari suatu komponen tahanan murni dengan simbol R, dan memiliki satuan Ohm (Ω). Beban resistif terdapat pada generator, bahan penghantar saluran, transformator, motor listrik, pemanas listrik (heater).

Resistansi suatu beban diberikan oleh persamaan:

$$R = \frac{v(t)}{i(t)}$$

Dimana:

R = Beban resistif

$V(t)$ = Besar tegangan listrik sebagai fungsi waktu

$i(t)$ = Besarnya arus yang mengalir fungsi waktu

Beban jenis ini hanya mengkomsumsi beban aktif saja dan mempunyai faktor daya sama dengan satu. Sifat beban resistif itu adalah arus beban resistif sefasa dengan tegangannya atau faktor daya atau cosφ = 1

Daya aktif:

$$P = V.I\,Cos\varphi\,(Watt)$$

Dimana:

P = Daya Aktif (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus Listrik (A)

$Cos\varphi$ = Faktor Daya.

III. Buku Bacaan

Untuk membantu dan menambah pengetahuan tentang materi pada percobaan ini, pemakai disarankan membaca buku-buku yang berikut ini:

1. Chapman, S.J.,"*Fundamentals of Electric Machines*", Mc-Graw Hill Book Company. New York: 1991.
2. Nagrath, I.J., "*Electrical Machine*", Tata Mc-Graw Hill Book Company. New Delhi: 1958.

IV. Peralatan

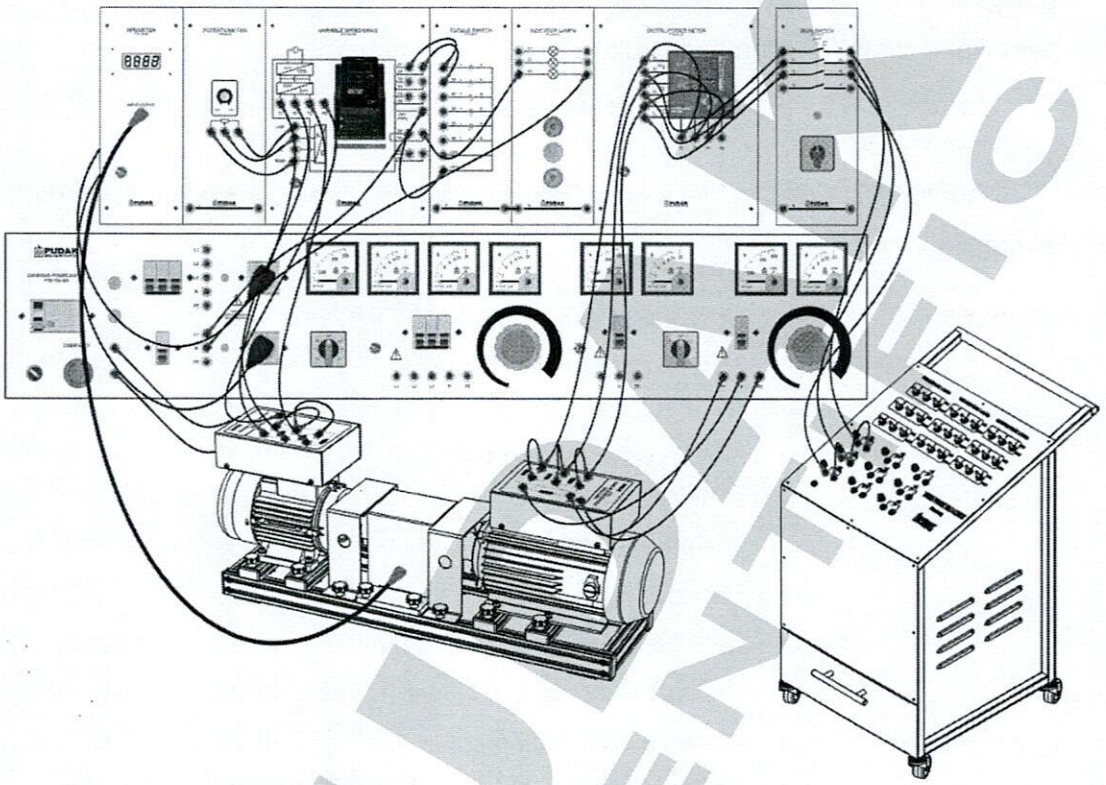
Utama	:	Universal Power Supply	PTE-154-001	1 Unit
	:	Three phase Synchronous AC Machine	PTE-046-08	1 Unit
	:	Motor Asynchronous rotor sangkar 3 fasa	PTE-046-05	1 Unit
	:	Variable Speed Drive	PTE-154-002	1 Unit
	:	Encoder	PTE-052-33	1 Unit
	:	RPM Meter	PTE-124-06	1 Unit
	:	Indicator Lamps	PTE-048-09	1 Unit
	:	Power Meter Digital	PTE-046-28	1 Unit
	:	Toggle Switch	PTE-048-37	1 Unit
	:	Potensiometer	PTE-048-27	1 Unit
	:	Main Switch	PTE-046-22	1 Unit
	:	Three Phase RLC Loads	PTE-046-30A	1 Unit
	:	Safety Connecting Leads		
	:	Reil DIN		
	:	Safety Coupling		
	:	Rubber Coupling		
Pendukung	:	Mulitimeter Digital		1 Unit

V. Langkah Kerja

- ***Pastikan sumber tegangan stabil antara fasa ke fasa 380V ± 10 % dan 220 ± 10 % fasa ke Neutral sesuai dengan IEC 60038.***
- ***Mengetahui tentang keselamatan kerja di laboratorium listrik***
- ***Perhatikan hal-hal yang perlu diproteksi saat sebelum melakukan percobaan dan sesuai dengan IEC 60364.***
- ***Baca terlebih dahulu langkah-langkah percobaan sebelum melakukan percobaan.***

A. Generator 3 fasa terhubung Delta berbeban resistif.

1. Siapkan peralatan yang dibutukan seperti gambar 8.1 di bawah ini, serta alat pendukung lainnya.



Gambar 8.1 Rangkaian Generator 3 fasa terhubung Delta berbeban resistif

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 8.1 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesuai dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
7. Hubungkan sumber tegangan 1 fasa pada variable Speed Drive.

8. Lakukan penyettingan parameter-parameter untuk kontrol eksternal (Lihat buku manual L510s).
9. Hubungkan sumber tegangan pada RPM meter dan Power Meter Digital
10. Hubungkan terminal F1 dan F2 pada pada sumber tegangan DC 220V
11. Ubah posisi toggle S1 ke posisi 1 pada Variable Speed Drive.
12. Putar potensiometer ke arah maksimum sampai kecepatan motor mencapai 3000 RPM.
13. Kemudian lakukan pengukuran dengan penambahan beban seimbang untuk masing-fasa seperti tabel 8.1 di bawah ini.

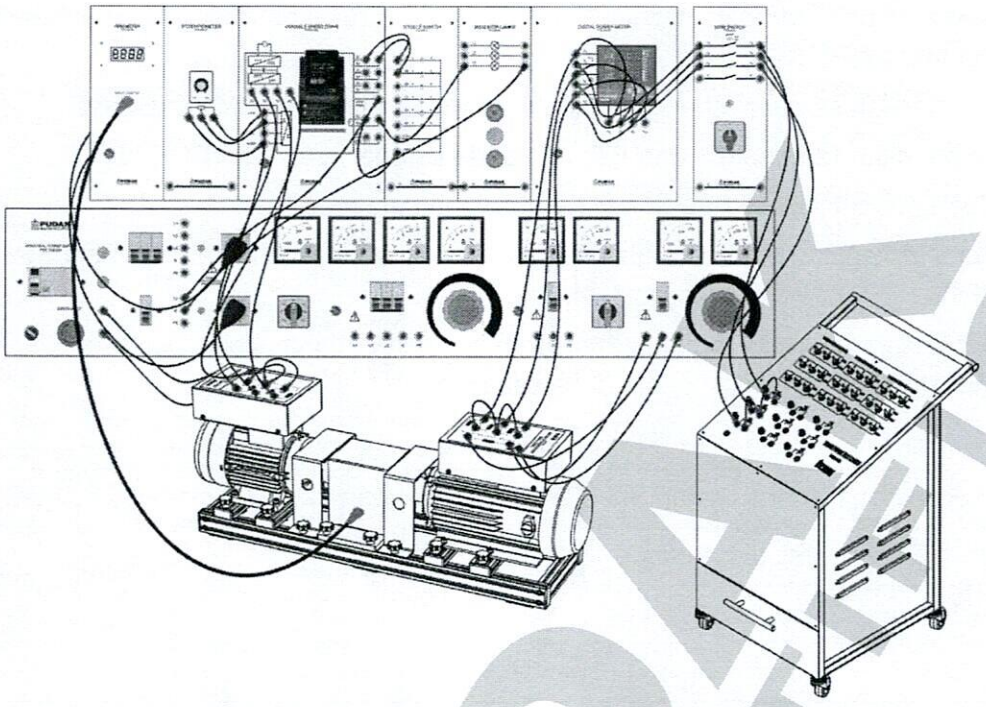
Tabel 8.1

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC									
No	Beban Resistif			IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	1	2	4						
1	1	0	0						
2	0	1	0						
3	1	1	0						
4	0	0	1						
5	1	0	1						
6	0	1	1						
7	1	1	1						

14. Setelah selesai melakukan percobaan, rubah posisi togle S1 ke posisi "0" dan motor berhenti beputar.
15. Putuskan rangkaian dari sumber listrik.
16. Buatkan grafik dari hasil pengukuran pada tabel 8.1 fungsi dari beban Resistif.

B. Generator terhubung Bintang berbeban Resistif.

1. Rubah rangkaian seperti gambar 8.1 menjadi gambar 8.2 di bawah ini.



Gambar 8.2 Rangkaian Generator 3 fasa terhubung Bintang berbeban Resistif

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 8.2 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesui dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
7. Hubungkan sumber tegangan 1 fasa pada variable Speed Drive.
8. Lakukan penyettingan parameter-parameter untuk kontrol eksternal (Lihat buku manual L510s).
9. Hubungkan sumber tegangan pada RPM meter dan Power Meter Digital
10. Hubungkan terminal F1 dan F2 pada pada sumber tegangan DC 220V
11. Ubah posisi toggle S1 ke posisi 1 pada Variable Speed Drive.

12. Putar potensiometer ke arah maksimum sampai kecepatan motor mencapai 3000 RPM.
13. Kemudian lakukan pengukuran dengan penambahan beban seimbang untuk masing-fasa seperti tabel 8.2 di bawah ini.

Tabel 8.2

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC									
No	Beban Resistif			IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	1	2	4						
1	1	0	0						
2	0	1	0						
3	1	1	0						
4	0	0	1						
5	1	0	1						
6	0	1	1						
7	1	1	1						

14. Setelah selesai melakukan percobaan, rubah posisi togle S1 ke posisi "0" dan motor berhenti beputar.
15. Putuskan rangkaian dari sumber listrik.
16. Buatkan grafik dari hasil pengukuran pada tabel 8.2 fungsi dari beban Resistif.

VI. Pertanyaan.

1. Coba Jelaskan apa yang terjadi terhadap perubahan faktor daya dengan penambahan beban resistif?
2. Apa yang terjadi terhadap terhadap tegangan dengan bertambahnya beban? Jelaskan!
3. Pada beban resistif apakah daya Q bertambah besar? Jelaskan!

VII. Kesimpulan.

I. Tujuan

Setelah melaksanakan percobaan ini, saudara diharapkan dapat:

1. Merakit rangkaian seperti gambar yang telah diberikan.
2. Dapat melakukan pengukuran untuk setiap besaran listrik sesuai dengan tabel yang diberikan pada beban RL.
3. Menggambarkan grafik dari hasil pengukuran yang di dapat.
4. Dapat memberikan analisa dan kesimpulan terkait percobaan yang telah dilakukan.

II. Pendahuluan

Beban L atau disebut juga beban induktif adalah beban yang berasal dari suatu penghantar untuk menghasilkan medan magnet yang dipergunakan untuk mengubah energi mekanik atau gerak menjadi energi listrik maupun sebaliknya, menaikkan ataupun menurunkan tegangan listrik dan sebagainya.

Beban induktif terdapat pada saluran transmisi yang merupakan rugi-rugi dari saluran tersebut. Induktif diberi lambang L, sedangkan reaktansi induktif diberi lambang XL.

$$X_L = 2.\pi.f.L$$

Dimana:

X_L = Reaktansi indukstif (Ω)

π = 3.14

f = Frekuensi

L = Kapasitansi induktor (Henry)

Pada induktor terdapat unsur resistansi dan reaktansi indukstif jika digunakan sebagai beban dengan sumber tegangan bolak-balik (AC), kedua unsur yang ada pada induktor ini dapat dibuat ke dalam persamaan:

$$Z = \sqrt{(R^2 + X_L{}^2}$$

$$Cos\varphi = \frac{R}{Z}$$

Untuk beban induktif murni (Cosφ = 0 lag), arus akan tertinggal sebesar 90^0 dari tegangan. Fluksi yang dihasilkan oleh arus jangkar akan melawan fluksi arus medan. Dengan kata lain reaksi jangkar akan akan demagnetaising artinya pengaruh reaksi jangkar akan melemahkan fluksi arus medan.

III. Buku Bacaan

Untuk membantu dan menambah pengetahuan tentang materi pada percobaan ini, pemakai disarankan membaca buku-buku yang berikut ini:

1. Chapman, S.J.,"*Fundamentals of Electric Machines*", Mc-Graw Hill Book Company. New York: 1991.
2. Nagrath, I.J., "*Electrical Machine*", Tata Mc-Graw Hill Book Company. New Delhi: 1958.

IV. Peralatan

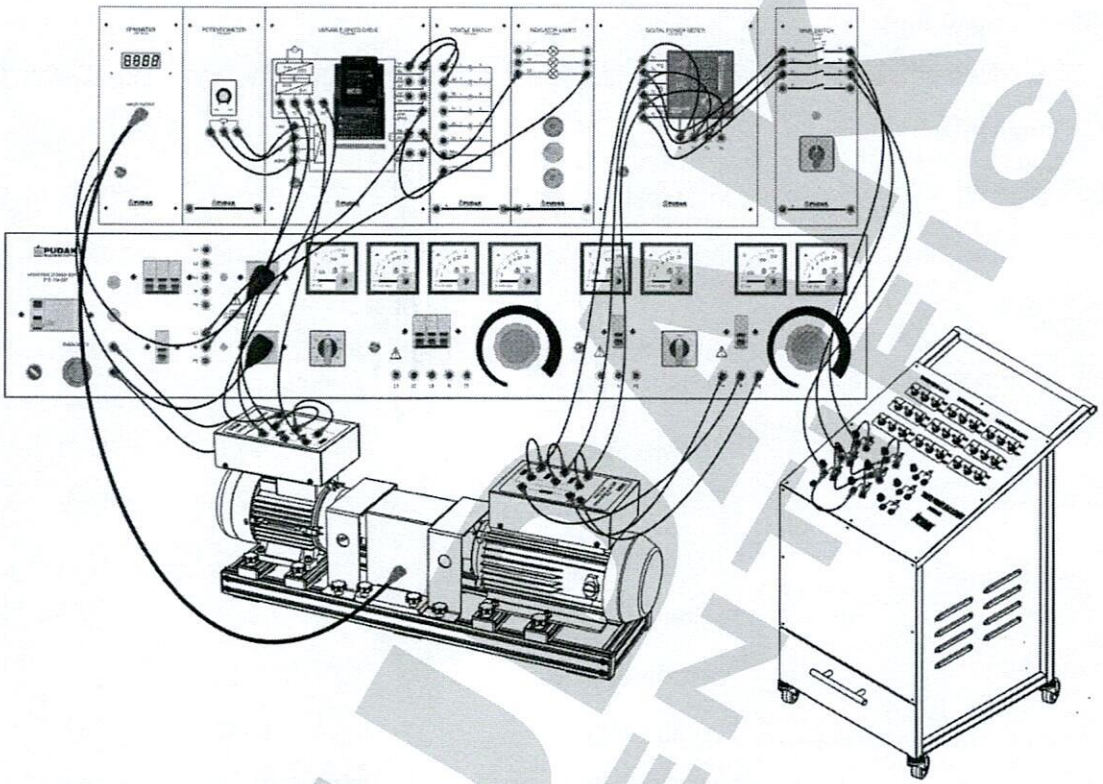
Utama	:	Universal Power Supply	PTE-154-001	1 Unit
	:	Three phase Synchronous AC Machine	PTE-046-08	1 Unit
	:	Motor Asynchronous rotor sangkar 3 fasa	PTE-046-05	1 Unit
	:	Variable Speed Drive	PTE-154-002	1 Unit
	:	Encoder	PTE-052-33	1 Unit
	:	RPM Meter	PTE-124-06	1 Unit
	:	Indicator Lamps	PTE-048-09	1 Unit
	:	Power Meter Digital	PTE-046-28	1 Unit
	:	Toggle Switch	PTE-048-37	1 Unit
	:	Potensiometer	PTE-048-27	1 Unit
	:	Main Switch	PTE-046-22	1 Unit
	:	Three Phase RLC Loads	PTE-046-30A	1 Unit
	:	Safety Connecting Leads		
	:	Reil DIN		
	:	Safety Coupling		
	:	Rubber Coupling		
Pendukung	:	Mulitimeter Digital		1 Unit

V. Langkah Kerja

- ***Pastikan sumber tegangan stabil antara fasa ke fasa 380V ± 10 % dan 220 ± 10 % fasa ke Neutral sesuai dengan IEC 60038.***
- ***Mengetahui tentang keselamatan kerja di laboratorium listrik***
- ***Perhatikan hal-hal yang perlu diproteksi saat sebelum melakukan percobaan dan sesuai dengan IEC 60364.***
- ***Baca terlebih dahulu langkah-langkah percobaan sebelum melakukan percobaan.***

A. Generator 3 fasa terhubung Delta berbeban R-L.

1. Siapkan peralatan yang dibutukan seperti gambar 9.1 di bawah ini, serta alat pendukung lainnya.



Gambar 9.1 Rangkaian Generator 3 fasa terhubung Delta berbeban RL

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 9.1 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesuai dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
7. Hubungkan sumber tegangan 1 fasa pada variable Speed Drive.

8. Lakukan penyettingan parameter-parameter untuk kontrol eksternal (Lihat buku manual L510s).
9. Hubungkan sumber tegangan pada RPM meter dan Power Meter Digital
10. Hubungkan terminal F1 dan F2 pada pada sumber tegangan DC 220V
11. Ubah posisi toggle S1 ke posisi 1 pada Variable Speed Drive.
12. Putar potensiometer kearah maksimum sampai kecepatan motor mencapai 3000 RPM.
13. Kemudian lakukan pengukuran dengan penambahan beban seimbang untuk masing-fasa seperti tabel 9.1 di bawah ini.

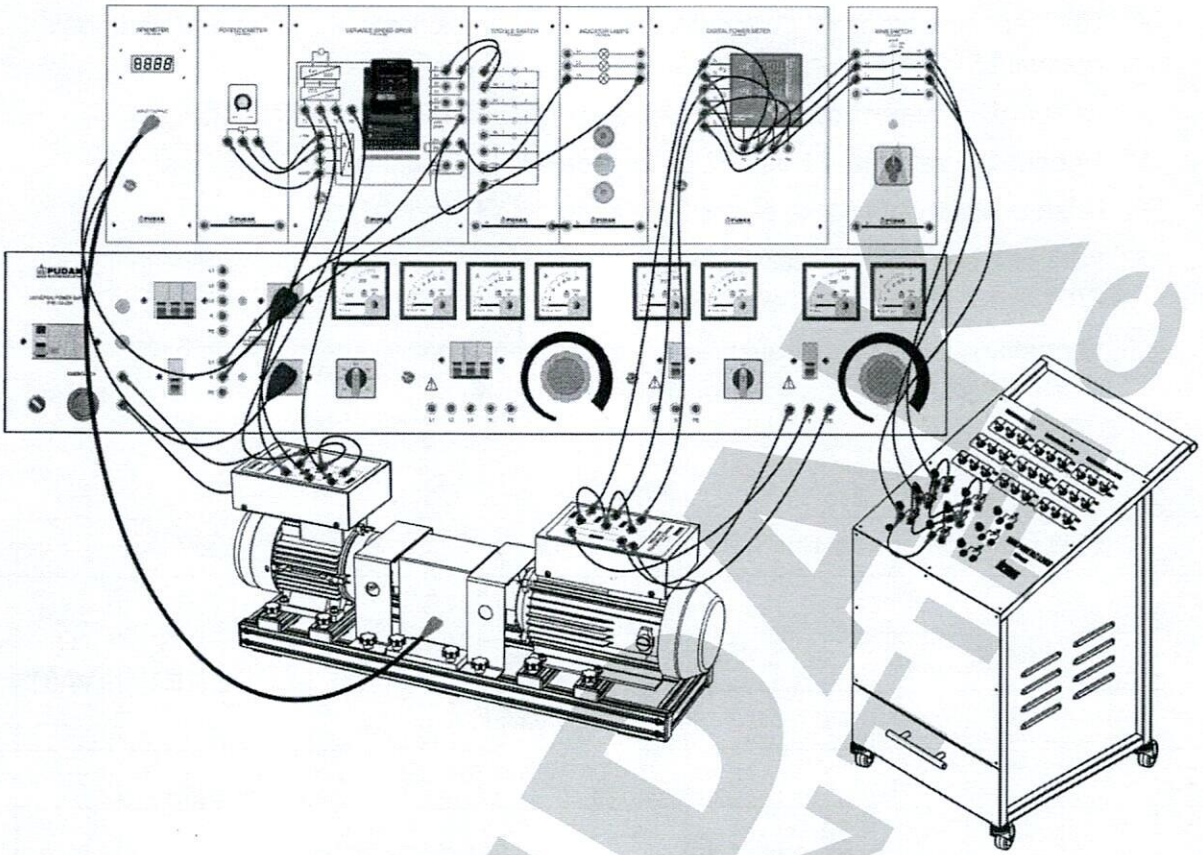
Tabel 9.1

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
No	Beban						IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	Resistif			Induktif								
	1	2	4	1	2	4						
1	1	0	0	1	0	0						
2	1	0	0	0	1	0						
3	1	0	0	0	0	1						
4	0	1	0	1	0	0						
5	0	1	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	0	1						
7	1	1	0	1	0	0						
8	1	1	0	0	1	0						
9	1	1	0	0	0	1						
10	0	0	1	1	0	0						
11	0	0	1	0	1	0						
12	0	0	1	0	0	1						

14. Setelah selesai melakukan percobaan, rubah posisi togle S1 ke posisi "0" dan motor berhenti beputar.
15. Putuskan rangkaian dari sumber listrik.
16. Buatkan grafik dari hasil pengukuran pada tabel 9.1 fungsi dari beban RL.

B. Generator 3 fasa terhubung Bintang berbeban R-L.

1. Ubah rangkaian seperti gambar 9.1 menjadi gambar 9.2 di bawah ini.



Gambar 9.2 Rangkaian Generator 3 fasa terhubung Bintang berbeban R-L

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 9.2 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesui dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
7. Hubungkan sumber tegangan 1 fasa pada variable Speed Drive.
8. Lakukan penyettingan parameter-parameter untuk kontrol eksternal (Lihat buku manual L510s).

9. Hubungkan sumber tegangan pada RPM meter dan Power Meter Digital
10. Hubungkan terminal F1 dan F2 pada pada sumber tegangan DC 220V
11. Ubah posisi toggle S1 ke posisi 1 pada Variable Speed Drive.
12. Putar potensiometer kearah maksimum sampai kecepatan motor mencapai 3000 RPM.
13. Kemudian lakukan pengukuran dengan penambahan beban seimbang untuk masing-fasa seperti tabel 9.2 di bawah ini.

Tabel 9.2

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
No	Beban						IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	Resistif			Induktif								
	1	2	4	1	2	4						
1	1	0	0	1	0	0						
2	1	0	0	0	1	0						
3	1	0	0	0	0	1						
4	0	1	0	1	0	0						
5	0	1	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	0	1						
7	1	1	0	1	0	0						
8	1	1	0	0	1	0						
9	1	1	0	0	0	1						
10	0	0	1	1	0	0						
11	0	0	1	0	1	0						
12	0	0	1	0	0	1						

14. Setelah selesai melakukan percobaan, rubah posisi togle S1 ke posisi "0" dan motor berhenti beputar.
15. Putuskan rangkaian dari sumber listrik.
16. Buatkan grafik dari hasil pengukuran pada tabel 9.2 fungsi dari beban RL.

VI. Pertanyaan.

1. Coba Jelaskan apa yang terjadi terhadap perubahan faktor daya dengan penambahan beban RL?
2. Apa yang terjadi terhadap terhadap tegangan dengan bertambahnya beban? Jelaskan!
3. Pada beban RL apakah daya Q bertambah besar? Jelaskan!

VII. Kesimpulan.

I. Tujuan

Setelah melaksanakan percobaan ini, saudara diharapkan dapat:

1. Merakit rangkaian seperti gambar yang telah diberikan.
2. Dapat melakukan pengukuran untuk setiap besaran listrik sesuai dengan tabel yang diberikan pada beban RC.
3. Menggambarkan grafik dari hasil pengukuran yang di dapat.
4. Dapat memberikan analisa dan kesimpulan terkait percobaan yang telah dilakukan.

II. Pendahuluan

Beban Kapasitif (kapasitor) adalah beban yang berasal dari dua bahan penghantar (konduktor) yang terpisah, dengan polaritas yang berbeda pada penghantarnya. Beban kapasitif ini berfungsi menyimpan muatan listrik dengan satua Farad.

Kapasitor diberi lambang C, sedangkan reaktansi kafasitif diberi lambang XC atau dengan persamaan:

$$X_C = \frac{1}{2.\pi.f.C}$$

Dimana:

X_C = Reaktansi kafasitif (Ω)

π = 3.14

f = Frekuensi (Hz)

C = Capasitor (Farad)

Pada kapasitor terdapat unsur resistansi R dan reaktansi kapasitif Xc jika digunakan sebagai beban dengan sumber tegangan bolak-balik (AC), kedua unsur yang ada pada kapasitor ini dapat dibuat kedalam persamaan:

$$Z = \sqrt{(R^2 + X_L{}^2}$$

$$Cos\varphi = \frac{R}{Z}$$

Untuk beban kapasitif murni (Cosφ = 0 lead), arus akan mendahului sebesar 90^0 dari tegangan. Fluksi yang dihasilkan oleh arus jangkar akan searah fluksi arus medan sehingga reaksi jangkar yang terjadi akan magnetizing artinya pengaruh reaksi jangkar akan menguatkan fluksi arus medan.

III. Buku Bacaan

Untuk membantu dan menambah pengetahuan tentang materi pada percobaan ini, pemakai disarankan membaca buku-buku yang berikut ini:

1. Chapman, S.J.,"*Fundamentals of Electric Machines*", Mc-Graw Hill Book Company. New York: 1991.
2. Nagrath, I.J., "*Electrical Machine*", Tata Mc-Graw Hill Book Company. New Delhi: 1958.

IV. Peralatan

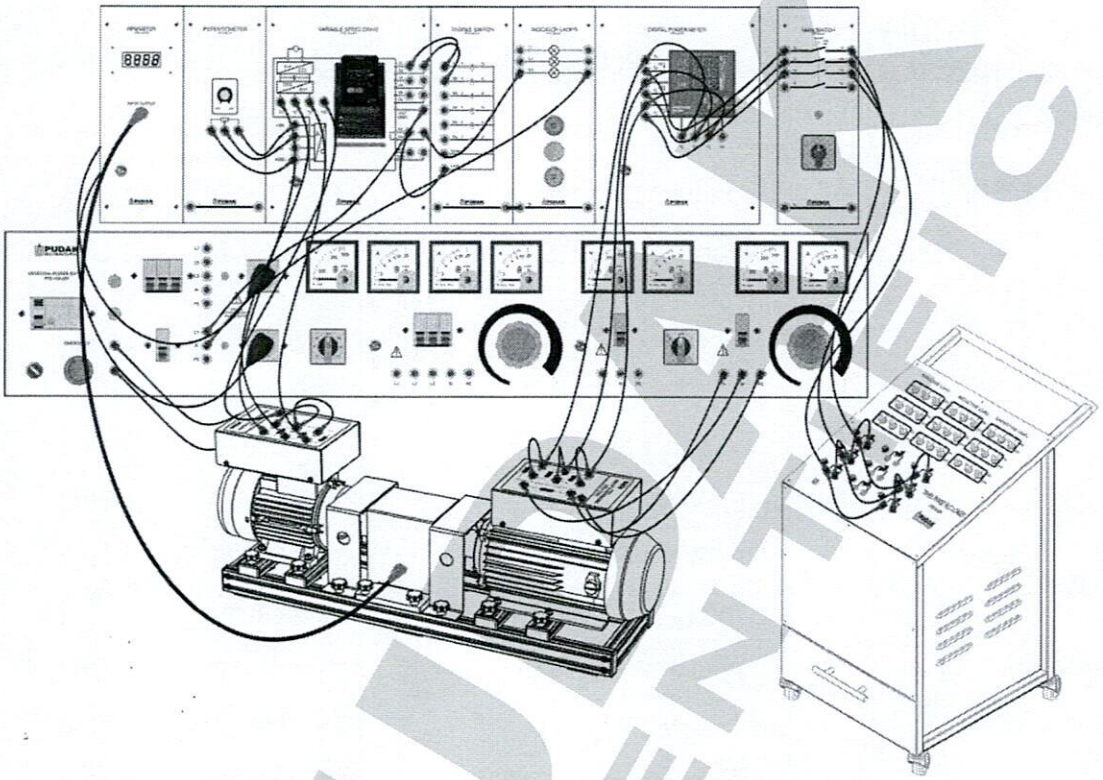
Utama	:	Universal Power Supply	PTE-154-001	1 Unit
	:	Three phase Synchronous AC Machine	PTE-046-08	1 Unit
	:	Motor Asynchronous rotor sangkar 3 fasa	PTE-046-05	1 Unit
	:	Variable Speed Drive	PTE-154-002	1 Unit
	:	Encoder	PTE-052-33	1 Unit
	:	RPM Meter	PTE-124-06	1 Unit
	:	Indicator Lamps	PTE-048-09	1 Unit
	:	Power Meter Digital	PTE-046-28	1 Unit
	:	Toggle Switch	PTE-048-37	1 Unit
	:	Potensiometer	PTE-048-27	1 Unit
	:	Main Switch	PTE-046-22	1 Unit
	:	Three Phase RLC Loads	PTE-046-30A	1 Unit
	:	Safety Connecting Leads		
	:	Reil DIN		
	:	Safety Coupling		
	:	Rubber Coupling		
Pendukung	:	Mulitimeter Digital		1 Unit

V. Langkah Kerja

- ***Pastikan sumber tegangan stabil antara fasa ke fasa 380V ± 10 % dan 220 ± 10 % fasa ke Neutral sesuai dengan IEC 60038.***
- ***Mengetahui tentang keselamatan kerja di laboratorium listrik***
- ***Perhatikan hal-hal yang perlu diproteksi saat sebelum melakukan percobaan dan sesuai dengan IEC 60364.***
- ***Baca terlebih dahulu langkah-langkah percobaan sebelum melakukan percobaan.***

A. Generator 3 fasa terhubung Delta berbeban R-C.

1. Siapkan peralatan yang dibutukan seperti gambar 10.1 di bawah ini, serta alat pendukung lainnya.



Gambar 10.1 Rangkaian Generator 3 fasa terhubung Delta berbeban R-C

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 10.1 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesui dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah di ukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
7. Hubungkan sumber tegangan 1 fasa pada variable Speed Drive.

8. Lakukan penyettingan parameter-parameter untuk kontrol eksternal (Lihat buku manual L510s).
9. Hubungkan sumber tegangan pada RPM meter dan Power Meter Digital
10. Hubungkan terminal F1 dan F2 pada pada sumber tegangan DC 220V
11. Ubah posisi toggle S1 ke posisi 1 pada Variable Speed Drive.
12. Putar potensiometer kearah maksimum sampai kecepatan motor mencapai 3000 RPM.
13. Kemudian lakukan pengukuran dengan penambahan beban seimbang untuk masing-fasa seperti tabel 10.1 di bawah ini.

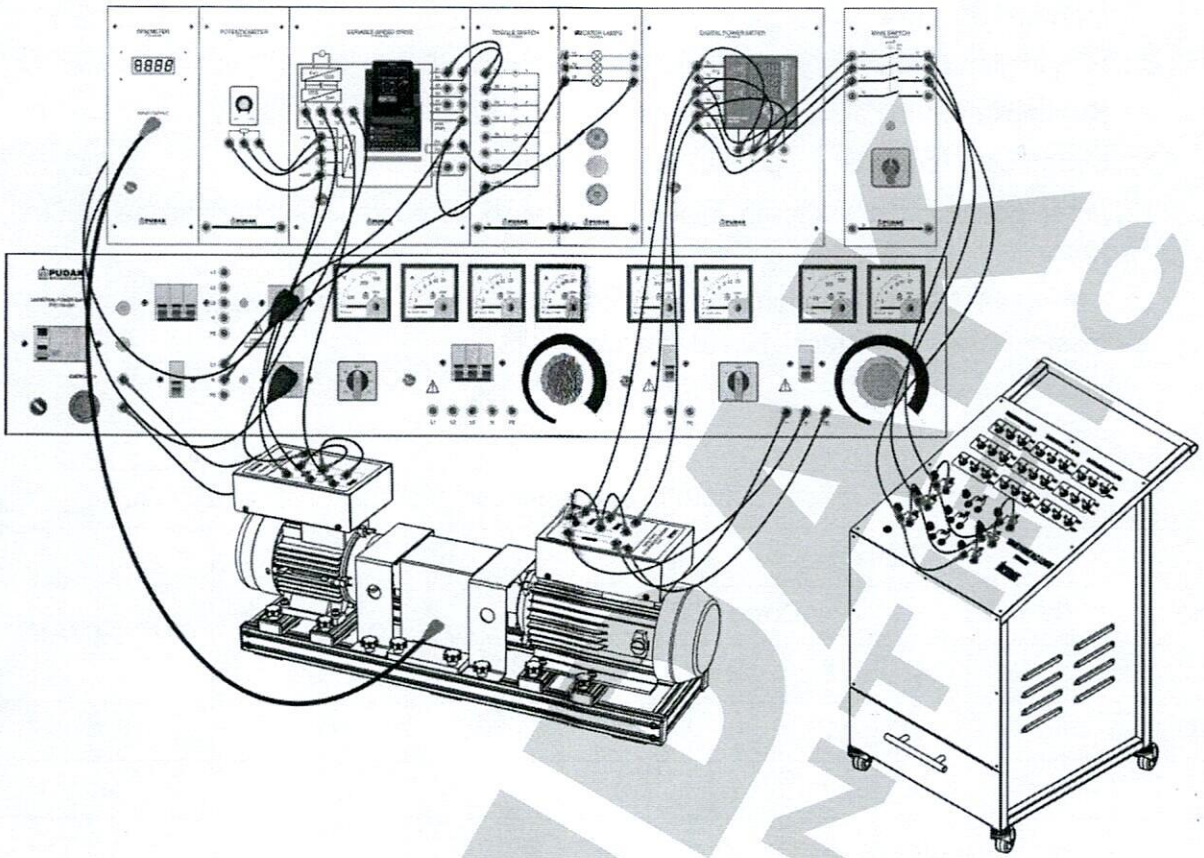
Tabel 10.1

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
No	**Beban**						**IL (A)**	**Vt (V)**	**P (W)**	**Cosφ**	**S (VA)**	**Q (VAR)**
	Resistif			**Capacitif**								
	1	**2**	**4**	**1**	**2**	**4**						
1	1	0	0	1	0	0						
2	1	0	0	0	1	0						
3	1	0	0	0	0	1						
4	0	1	0	1	0	0						
5	0	1	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	0	1						
7	1	1	0	1	0	0						
8	1	1	0	0	1	0						
9	1	1	0	0	0	1						
10	0	0	1	1	0	0						
11	0	0	1	0	1	0						
12	0	0	1	0	0	1						

14. Setelah selesai melakukan percobaan, rubah posisi togle S1 ke posisi "0" dan motor berhenti beputar.
15. Putuskan rangkaian dari sumber listrik.
16. Buatkan grafik dari hasil pengukuran pada tabel 10.1 fungsi dari beban RC.

B. Generator 3 fasa terhubung Bintang berbeban R-C.

1. Ubah rangkaian seperti gambar 10.1 menjadi gambar 10.2 di bawah ini.



Gambar 10.2 Rangkaian Generator 3 fasa terhubung Delta berbeban R-C

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 10.1 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum di hubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesui dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
7. Hubungkan sumber tegangan 1 fasa pada variable Speed Drive.
8. Lakukan penyettingan parameter-parameter untuk kontrol eksternal (Lihat buku manual L510s).
9. Hubungkan sumber tegangan pada RPM meter dan Power Meter Digital

10. Hubungkan terminal F1 dan F2 pada pada sumber tegangan DC 220V
11. Ubah posisi toggle S1 ke posisi 1 pada Variable Speed Drive.
12. Putar potensiometer kearah maksimum sampai kecepatan motor mencapai 3000 RPM.
13. Kemudian lakukan pengukuran dengan penambahan beban seimbang untuk masing-fasa seperti tabel 10.2 di bawah ini.

Tabel 10.2

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
No	**Beban**						**IL (A)**	**Vt (V)**	**P (W)**	**Cosφ**	**S (VA)**	**Q (VAR)**
	Resistif			**Capacitif**								
	1	**2**	**4**	**1**	**2**	**4**						
1	1	0	0	1	0	0						
2	1	0	0	0	1	0						
3	1	0	0	0	0	1						
4	0	1	0	1	0	0						
5	0	1	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	0	1						
7	1	1	0	1	0	0						
8	1	1	0	0	1	0						
9	1	1	0	0	0	1						
10	0	0	1	1	0	0						
11	0	0	1	0	1	0						
12	0	0	1	0	0	1						

14. Setelah selesai melakukan percobaan, rubah posisi togle S1 ke posisi "0" dan motor berhenti beputar.
15. Putuskan rangkaian dari sumber listrik.
16. Buatkan grafik dari hasil pengukuran pada tabel 10.2 fungsi dari beban R-C.

VI. Pertanyaan.

1. Coba Jelaskan apa yang terjadi terhadap perubahan faktor daya dengan penambahan beban R-C?
2. Apa yang terjadi terhadap terhadap tegangan dengan bertambahnya beban? Jelaskan!
3. Pada beban R-C apakah daya Q bertambah besar? Jelaskan!

VII. Kesimpulan.

I. Tujuan

Setelah melaksanakan percobaan ini, saudara diharapkan dapat:

1. Merakit rangkaian seperti gambar yang telah diberikan.
2. Dapat melakukan pengukuran untuk setiap besaran listrik sesuai dengan tabel yang diberikan pada beban RLC.
3. Menggambarkan grafik dari hasil pengukuran yang di dapat.
4. Membandingkan hasil percobaan 9 dan 10 dengan percobaan 11 ini.
5. Dapat memberikan analisa dan kesimpulan terkait percobaan yang telah dilakukan.

II. Pendahuluan

Karakteristik generator sinkron berbeban pada percobaan-percobaan sebelumnya dapat dibandingkan dengan pembebanan dengan berbagai faktor daya. Pada kurva tegangan terminal generator berbeban, arus beban (I_a) yang mengalir akan semakin besar seiring bertambahnya beban maka akan timbul impedansi sinkron (Z_s) yang menyebabkan jatuh tegangan. Jatuhnya tegangan generator disebabkan oleh adanya ($I_a.Z_s$) yang semakin besar dan menyebabkan tegangan terminal (V_t) generator turun. Kurva penurunan tegangan terminal generator pada beban resistif murni (R) tidak setajam penurunan tegangan (V_t) generator seperti yang terjadi pada kurva beban resistif-induktif ($R-L$) karena perbedaan nilai arus armatur (I_a) yang diserap, dimana pada beban resistif-induktif ($R-L$) arus armatur (I_a) yang diserap lebih besar dibandingkan pada beban resistif murni (R) sehingga jatuh tegangan lebih besar dan penurunan tegangan pada beban resistif-induktor ($R-L$) lebih cepat tau lebih tajam. Sedangkan pada kurva tegangan terminal (V_t) generator berbeban resistif-kafasitif ($R-C$) terlihat tegangan terminal generator naik ketika arus armatur (I_a) kecil karena adanya kompensasi daya reaktif dan terjadinya arus balik karena arus armatur lebih kecil daripada arus yang dihasilkan kapasitor ($I_a < I_c$) sehingga armatur/ jangkar mendapat tambahan alisran arus yang berasal dari kapasitor. Adanya tambahan aliran arus dari kapasitor ke jangkar itulah yang meyebabkan naiknya tegangan terminal (V_t) generator pada saat beban yang ditopang kecil, tetapi ketika beban bertambah besar dan arus armatur (I_a) juga naik maka kapasitor tidak lagi mampu mengkompensasi daya reaktif pada sistem yang meyebabkan terjadi jatuh tegangan. Jatuhnya tegangan generator disebabkan oleh adanya $I_a.Z_s$ yang semakin besar sehingga menyebabkan tegangan terminal (V_t) generator turun walaupun turun tegangan yang terjadi pada generator berbeban resistif-kafasitif ($R-C$) tidak sebesar pada beban beban resistif (R) dan tidak setajam turn tegangan yang terjadi pada

generator berbeban resistif-induktif ($R-L$) karena adanya kompensasi daya reaktif Q yang dihasilkan kapasitor.

III. Buku Bacaan

Untuk membantu dan menambah pengetahuan tentang materi pada percobaan ini, pemakai disarankan membaca buku-buku yang berikut ini:

1. Chapman, S.J.,"*Fundamentals of Electric Machines*", Mc-Graw Hill Book Company. New York: 1991.
2. Thomas E. Kissel, Modern Industrial/Electrical Motor Control: Operation, Installation, and Troubleshooting, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1990.

IV. Peralatan

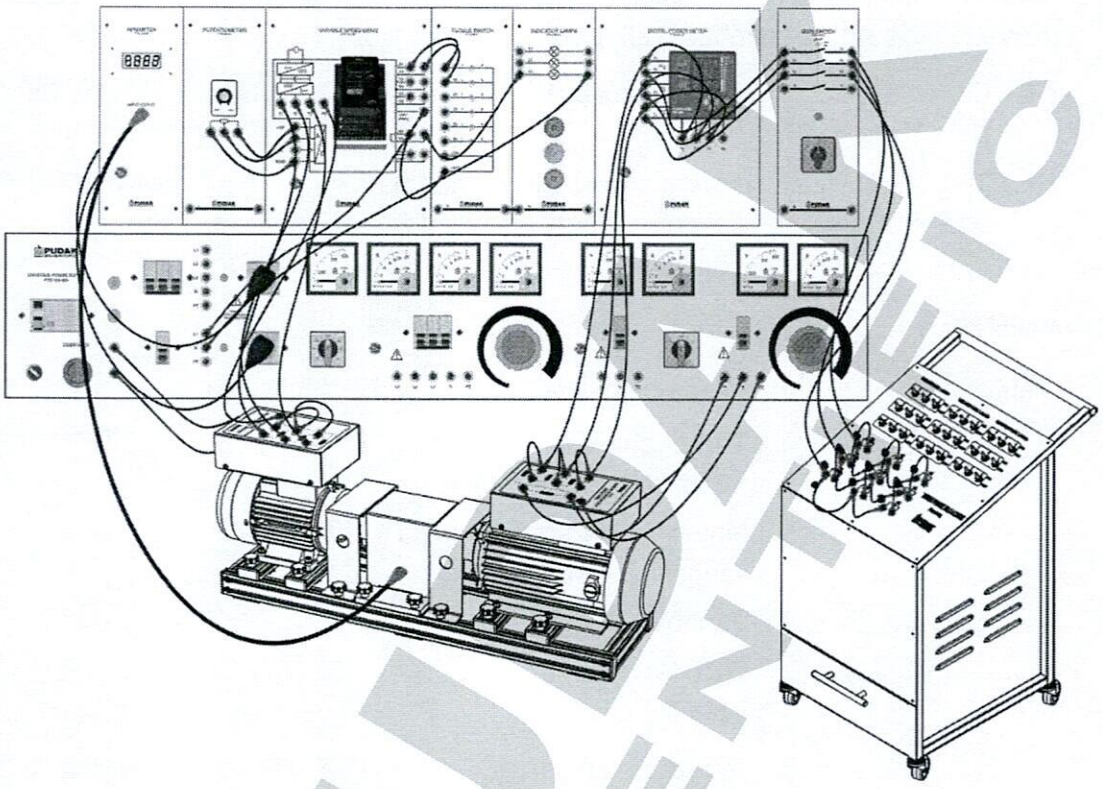
Utama	:	Universal Power Supply	PTE-154-001	1 Unit
	:	Three phase Synchronous AC Machine	PTE-046-08	1 Unit
	:	Motor Asynchronous rotor sangkar 3 fasa	PTE-046-05	1 Unit
	:	Variable Speed Drive	PTE-154-002	1 Unit
	:	Encoder	PTE-052-33	1 Unit
	:	RPM Meter	PTE-124-06	1 Unit
	:	Indicator Lamps	PTE-048-09	1 Unit
	:	Power Meter Digital	PTE-046-28	1 Unit
	:	Toggle Switch	PTE-048-37	1 Unit
	:	Potensiometer	PTE-048-27	1 Unit
	:	Main Switch	PTE-046-22	1 Unit
	:	Three Phase RLC Loads	PTE-046-30A	1 Unit
	:	Safety Connecting Leads		
	:	Reil DIN		
	:	Safety Coupling		
	:	Rubber Coupling		
Pendukung	:	Mulitimeter Digital		1 Unit

V. Langkah Kerja

- ***Pastikan sumber tegangan stabil antara fasa ke fasa 380V ± 10 % dan 220 ± 10 % fasa ke Neutral sesuai dengan IEC 60038.***
- ***Mengetahui tentang keselamatan kerja di laboratorium listrik***
- ***Perhatikan hal-hal yang perlu diproteksi saat sebelum melakukan percobaan dan sesuai dengan IEC 60364.***
- ***Baca terlebih dahulu langkah-langkah percobaan sebelum melakukan percobaan.***

A. Generator 3 fasa terhubung Delta berbeban R-L-C.

1. Siapkan peralatan yang dibutukan seperti gambar 11.1 di bawah ini, serta alat pendukung lainnya.



Gambar 11.1 Rangkaian Generator 3 fasa terhubung Delta berbeban R-L-C

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 1.3 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian di aliri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesuai dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah di ukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
7. Hubungkan sumber tegangan 1 fasa pada variable Speed Drive.

8. Lakukan penyettingan parameter-parameter untuk kontrol eksternal (Lihat buku manual L510s).
9. Hubungkan sumber tegangan pada RPM meter dan Power Meter Digital
10. Hubungkan terminal F1 dan F2 pada pada sumber tegangan DC 220V
11. Ubah posisi toggle S1 ke posisi 1 pada Variable Speed Drive.
12. Putar potensiometer kearah maksimum sampai kecepatan motor mencapai 3000 RPM.
13. Kemudian lakukan pengukuran dengan penambahan beban seimbang untuk masing-fasa seperti tabel 11.1a - 11.1 di bawah ini.

Tabel 11.1a

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
Beban Resistif R1 ke Posisi ON												
No	Beban						IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	Inductive			Capacitive								
	1	2	4	1	2	4						
1	1	0	0	0	0	0						
2	0	0	0	1	0	0						
3	1	0	0	1	0	0						
4	0	1	0	0	0	0						
5	0	0	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	1	0						
7	0	0	1	0	0	0						
8	0	0	0	0	0	1						
9	0	0	1	0	0	1						

Tabel 11.1b

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
Beban Resistif R2 ke Posisi ON												
No	Beban						IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	Inductive			Capacitive								
	1	2	4	1	2	4						
1	1	0	0	0	0	0						
2	0	0	0	1	0	0						
3	1	0	0	1	0	0						
4	0	1	0	0	0	0						
5	0	0	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	1	0						
7	0	0	1	0	0	0						
8	0	0	0	0	0	1						
9	0	0	1	0	0	1						

Tabel 11.1c

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
Beban Resistif R1 dan R2 ke Posisi ON												
No	Beban						IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	Inductive			Capacitive								
	1	2	4	1	2	4						
1	1	0	0	0	0	0						
2	0	0	0	1	0	0						
3	1	0	0	1	0	0						
4	0	1	0	0	0	0						
5	0	0	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	1	0						
7	0	0	1	0	0	0						
8	0	0	0	0	0	1						
9	0	0	1	0	0	1						

PRIBUDAI INTERSCIENTIFIC

Tabel 11.1d

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
Beban Resistif R4 ke Posisi ON												
No	Beban						IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	Inductive			Capacitive								
	1	2	4	1	2	4						
1	1	0	0	0	0	0						
2	0	0	0	1	0	0						
3	1	0	0	1	0	0						
4	0	1	0	0	0	0						
5	0	0	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	1	0						
7	0	0	1	0	0	0						
8	0	0	0	0	0	1						
9	0	0	1	0	0	1						

Tabel 11.1e

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
Beban Resistif R1 dan R4 ke Posisi ON												
No	Beban						IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	Inductive			Capacitive								
	1	2	4	1	2	4						
1	1	0	0	0	0	0						
2	0	0	0	1	0	0						
3	1	0	0	1	0	0						
4	0	1	0	0	0	0						
5	0	0	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	1	0						
7	0	0	1	0	0	0						
8	0	0	0	0	0	1						
9	0	0	1	0	0	1						

HIMUDAK SCIENTIFIC

Tabel 11.1f

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
Beban Resistif R2 dan R4 ke Posisi ON												
No	Beban						IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	Inductive			Capacitive								
	1	2	4	1	2	4						
1	1	0	0	0	0	0						
2	0	0	0	1	0	0						
3	1	0	0	1	0	0						
4	0	1	0	0	0	0						
5	0	0	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	1	0						
7	0	0	1	0	0	0						
8	0	0	0	0	0	1						
9	0	0	1	0	0	1						

Tabel 11.1g

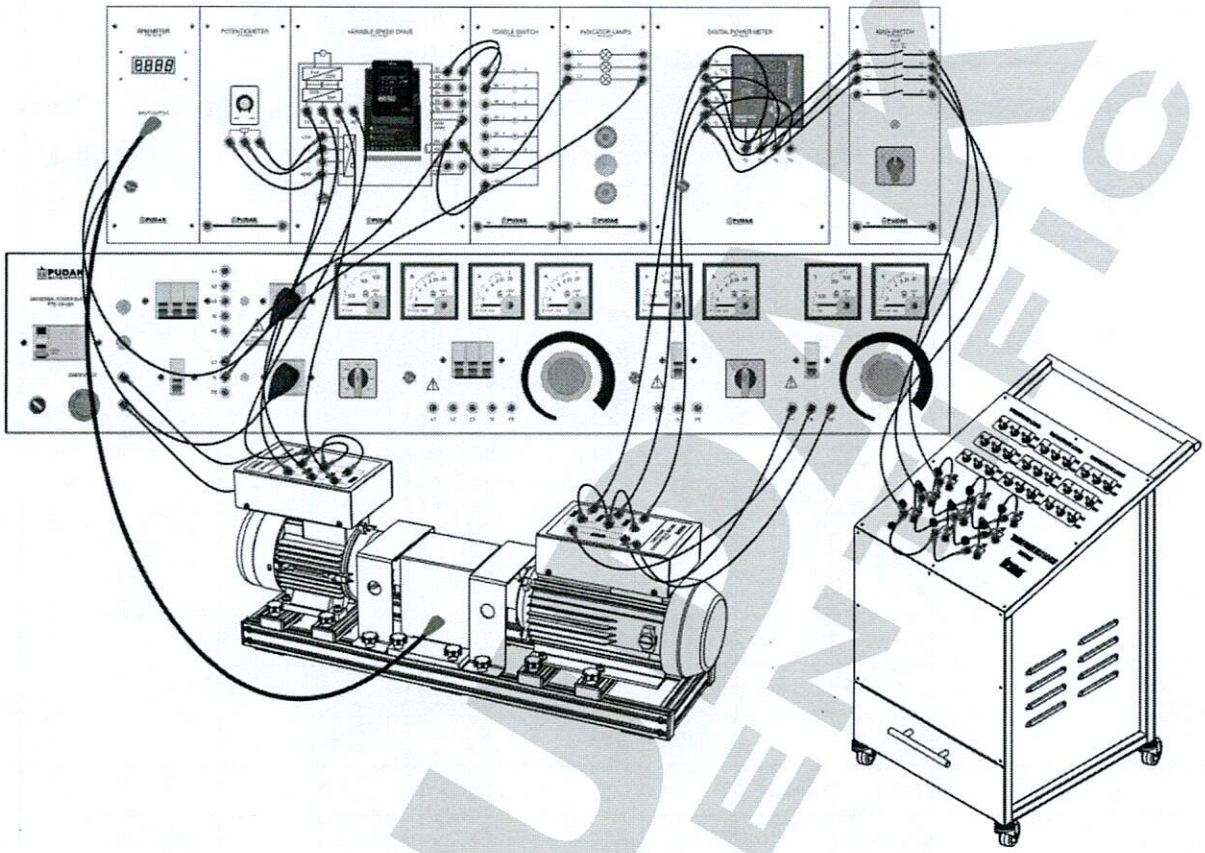
Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
Beban Resistif R1 , R1 dan R4 ke Posisi ON												
No	Beban						IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	Inductive			Capacitive								
	1	2	4	1	2	4						
1	1	0	0	0	0	0						
2	0	0	0	1	0	0						
3	1	0	0	1	0	0						
4	0	1	0	0	0	0						
5	0	0	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	1	0						
7	0	0	1	0	0	0						
8	0	0	0	0	0	1						
9	0	0	1	0	0	1						

14. Setelah selesai melakukan percobaan, rubah posisi togle S1 ke posisi "0" dan motor berhenti beputar.

15. Putuskan rangkaian dari sumber listrik.

B. Generator 3 fasa terhubung Bintang berbeban R-L-C.

1. Ubah rangkaian seperti gambar 11.1 menjadi gambar 11.2 di bawah ini.



Gambar 11.2 Rangkaian Generator 3 fasa terhubung Bintang berbeban R-L-C

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 11.2 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesui dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah di ukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.

7. Hubungkan sumber tegangan 1 fasa pada variable Speed Drive.
8. Lakukan penyettingan parameter-parameter untuk kontrol eksternal (Lihat buku manual L510s).
9. Hubungkan sumber tegangan pada RPM meter dan Power Meter Digital
10. Hubungkan terminal F1 dan F2 pada pada sumber tegangan DC 220V
11. Ubah posisi toggle S1 ke posisi 1 pada Variable Speed Drive.
12. Putar potensiometer kearah maksimum sampai kecepatan motor mencapai 3000 RPM.
13. Kemudian lakukan pengukuran dengan penambahan beban seimbang untuk masing-fasa seperti tabel 11.2a-11.2g di bawah ini.

Tabel 11.2a

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
Beban Resistif R1 ke Posisi ON												
No	Beban						IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	Inductive			Capacitive								
	1	2	4	1	2	4						
1	1	0	0	0	0	0						
2	0	0	0	1	0	0						
3	1	0	0	1	0	0						
4	0	1	0	0	0	0						
5	0	0	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	1	0						
7	0	0	1	0	0	0						
8	0	0	0	0	0	1						
9	0	0	1	0	0	1						

PUDAK SCIENTIFIC

Tabel 11.2b

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
Beban Resistif R2 ke Posisi ON												
No	Beban						IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	Inductif			Capacitif								
	1	2	4	1	2	4						
1	1	0	0	0	0	0						
2	0	0	0	1	0	0						
3	1	0	0	1	0	0						
4	0	1	0	0	0	0						
5	0	0	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	1	0						
7	0	0	1	0	0	0						
8	0	0	0	0	0	1						
9	0	0	1	0	0	1						

Tabel 11.2c

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
Beban Resistif R1 dan R2 ke Posisi ON												
No	Beban						IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	Inductive			Capacitive								
	1	2	4	1	2	4						
1	1	0	0	0	0	0						
2	0	0	0	1	0	0						
3	1	0	0	1	0	0						
4	0	1	0	0	0	0						
5	0	0	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	1	0						
7	0	0	1	0	0	0						
8	0	0	0	0	0	1						
9	0	0	1	0	0	1						

Tabel 11.2d

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
Beban Resistif R4 ke Posisi ON												
No	Beban						IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	Inductive			Capacitive								
	1	2	4	1	2	4						
1	1	0	0	0	0	0						
2	0	0	0	1	0	0						
3	1	0	0	1	0	0						
4	0	1	0	0	0	0						
5	0	0	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	1	0						
7	0	0	1	0	0	0						
8	0	0	0	0	0	1						
9	0	0	1	0	0	1						

Tabel 11.2e

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
Beban Resistif R1 dan R4 ke Posisi ON												
No	Beban						IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	Inductive			Capacitive								
	1	2	4	1	2	4						
1	1	0	0	0	0	0						
2	0	0	0	1	0	0						
3	1	0	0	1	0	0						
4	0	1	0	0	0	0						
5	0	0	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	1	0						
7	0	0	1	0	0	0						
8	0	0	0	0	0	1						
9	0	0	1	0	0	1						

PT. PUDAK SCIENTIFIC

Tabel 11.2f

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
Beban Resistif R2 dan R4 ke Posisi ON												
No	Beban						IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	Inductive			Capacitive								
	1	2	4	1	2	4						
1	1	0	0	0	0	0						
2	0	0	0	1	0	0						
3	1	0	0	1	0	0						
4	0	1	0	0	0	0						
5	0	0	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	1	0						
7	0	0	1	0	0	0						
8	0	0	0	0	0	1						
9	0	0	1	0	0	1						

Tabel 11.2g

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC												
Beban Resistif R1 , R1 dan R4 ke Posisi ON												
No	Beban						IL (A)	Vt (V)	P (W)	Cosφ	S (VA)	Q (VAR)
	Inductive			Capacitive								
	1	2	4	1	2	4						
1	1	0	0	0	0	0						
2	0	0	0	1	0	0						
3	1	0	0	1	0	0						
4	0	1	0	0	0	0						
5	0	0	0	0	1	0						
6	0	1	0	0	1	0						
7	0	0	1	0	0	0						
8	0	0	0	0	0	1						
9	0	0	1	0	0	1						

14. Setelah selesai melakukan percobaan, ubah posisi togle S1 ke posisi "0" dan motor berhenti beputar.

15. Putuskan rangkaian dari sumber listrik.

VI. Pertanyaan.

1. Apa yang terjadi ketika Generator diberi beban R-L, R-C dan RLC? Jelaskan dengan menggunakan perhitungan segitiga daya.
2. Apa pengaruhnya terhadap tegangan Vo dari pembebanan R-L-C?
3. Buatkan kesimpulan dari hasil pengamatan yang dilakaukan.

VII. Kesimpulan.

PUDAK SCIENTIFIC PS

PUDAK SCIENTIFIC	Generator 3 Fasa Beban Tidak Seimbang	LE40012

I. Tujuan

Setelah melaksanakan percobaan ini, saudara diharapkan dapat:

1. Merakit rangkaian seperti gambar yang telah diberikan.
2. Dapat melakukan pengukuran untuk setiap besaran listrik sesuai dengan tabel yang diberikan.
3. Menggambarkan grafik dari hasil pengukuran yang didapat.
4. Membandingkan hasil pengukuran beban seimbang dengan beban tidak seimbang.
5. Dapat memberikan analisa dan kesimpulan terkait percobaan yang telah dilakukan.

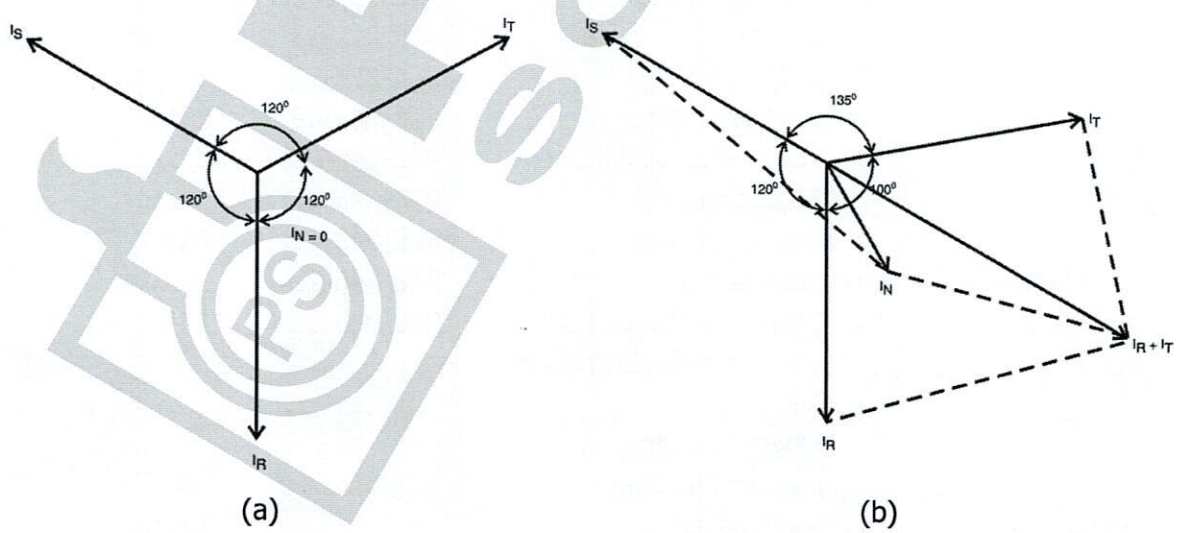
II. Pendahuluan

Yang dimaksud dengan keadaan seimbang dalam suatu pembebanan jaringan 3 fasa dimana disebut seimbang jika:

1. Ketiga vektor arus/tegangan sama besar.
2. Ketiga vektor saling membentuk sudut 120^0 satu sama lain.
3. Arus netral sama dengan 0 Ampere

Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan dimana satu atau dua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi yaitu:

1. Sumber tegangan tidak sama nilainya.
2. Perbedaan sudut fasa tidak sama (beda fasa tidak 120^0)
3. Impedansi beban tidak sama



Gambar 12.1 Vektor diagram arus

Gambar 12.1a menunjukkan vektor diagram arus dalam keadaan seimbang. Sehingga dalam system tiga fasa seimbang arus yang mengalir di kawat netral dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$I_n = I_a + I_b + I_c = 0$$

Dalam system tiga fasa tidak seimbang maka pada kawat netral akan ada arus yang mengalir dari masing kawat fasa. Artinya besar arus di kawat netral tidak lagi bernilai 0. besar arus netral ini dihitung menggunakan persamaan:

$$I_n = -(I_a + I_b + I_c) \neq 0$$

Maka besar daya di tiap kawat fasanya juga harus dihitung satu persatu perfasanya. Perhitungannya dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$P_a = V_{an} . I_a \, Cos\varphi$$
$$P_b = V_{bn} . I_b \, Cos\varphi$$
$$P_c = V_{cn} . I_c \, Cos\varphi$$

III. Buku Bacaan

Untuk membantu dan menambah pengetahuan tentang materi pada percobaan ini, pemakai disarankan membaca buku-buku yang berikut ini:

1. Chapman, S.J.,"*Fundamentals of Electric Machines*", Mc-Graw Hill Book Company. New York: 1991.
2. Nagrath, I.J., "*Electrical Machine*", Tata Mc-Graw Hill Book Company. New Delhi: 1958.

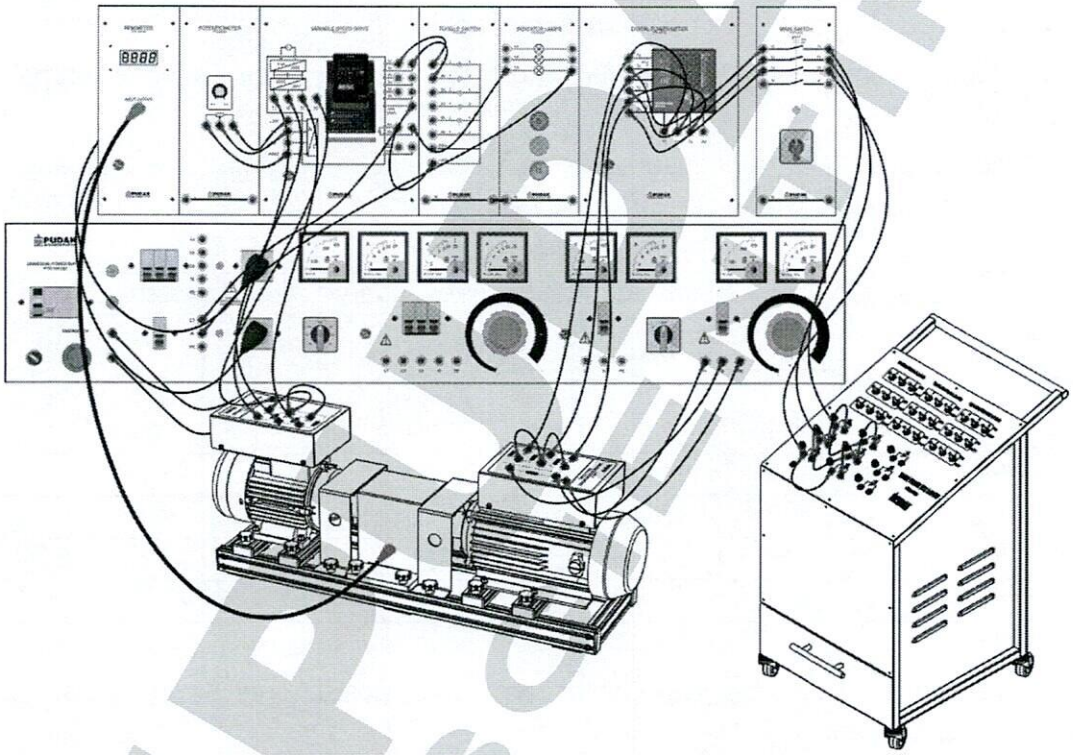
IV. Peralatan

Utama	:	Universal Power Supply	PTE-154-001	1 Unit
	:	Three phase Synchronous AC Machine	PTE-046-08	1 Unit
	:	Motor Asynchronous rotor sangkar 3 fasa	PTE-046-05	1 Unit
	:	Variable Speed Drive	PTE-154-002	1 Unit
	:	Encoder	PTE-052-33	1 Unit
	:	RPM Meter	PTE-124-06	1 Unit
	:	Indicator Lamps	PTE-048-09	1 Unit
	:	Power Meter Digital	PTE-046-28	1 Unit
	:	Toggle Switch	PTE-048-37	1 Unit
	:	Potensiometer	PTE-048-27	1 Unit
	:	Main Switch	PTE-046-22	1 Unit
	:	Three Phase RLC Loads	PTE-046-30A	1 Unit
	:	Safety Connecting Leads		
	:	Reil DIN		
	:	Safety Coupling		
	:	Rubber Coupling		
Pendukung	:	Mulitimeter Digital		1 Unit

V. Langkah Kerja

- ***Pastikan sumber tegangan stabil antara fasa ke fasa 380V ± 10 % dan 220 ± 10 % fasa ke Neutral sesuai dengan IEC 60038.***
- ***Mengetahui tentang keselamatan kerja di laboratorium listrik***
- ***Perhatikan hal-hal yang perlu diproteksi saat sebelum melakukan percobaan dan sesuai dengan IEC 60364.***
- ***Baca terlebih dahulu langkah-langkah percobaan sebelum melakukan percobaan.***

1. Siapkan peralatan yang dibutukan seperti gambar 12.2 di bawah ini, serta alat pendukung lainnya.



Gambar 12.2 Rangkaian Generator beban tidak seimbang

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 12.2 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian dialiri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesuai dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
7. Hubungkan sumber tegangan 1 fasa pada variable Speed Drive.
8. Lakukan penyettingan parameter-parameter untuk kontrol eksternal (Lihat buku manual L510s).
9. Hubungkan sumber tegangan pada RPM meter dan Power Meter Digital
10. Hubungkan terminal F1 dan F2 pada pada sumber tegangan DC 220V
11. Ubah posisi toggle S1 ke posisi 1 pada Variable Speed Drive.
12. Putar potensiometer kearah maksimum sampai kecepatan motor mencapai 3000 RPM.
13. Kemudian lakukan pengukuran dengan penambahan beban tidak seimbang untuk masing-fasa seperti tabel 12.1 di bawah ini.

Tabel 12.1

Kecepatan motor konstan 3000RPM dan tegangan eksitasi konstan 220V DC											
No	Beban						IR (A)	IS (A)	IT (A)	IN (A)	Vo (V)
	Resistif			Induktif							
	R	S	T	R	S	T					
1	1	2	4	1	2	4					
2	2	4	7	2	4	7					
3	4	2	1	4	2	1					
4	7	4	1	7	4	1					

14. Setelah selesai melakukan percobaan, rubah posisi togle S1 ke posisi "0" dan motor berhenti beputar.
15. Putuskan rangkaian dari sumber listrik.

VI. Pertanyaan.

1. Apa yang menyebabkan pada sisi netral mengalir arus netral (IN)?
2. Apa pengaruh arus netral pada sistem pemabangkit atau pada generator? Jelaskan!
3. Pada sistem saluran transmisi apa yang harus dilakukan untuk memperkecil nilai arus IN ketika penerapan beban seimbang tidak memungkinkan dilakukan pada sisi beban? Jelaskan!
4. Buatlah kesimpulan berdasarkan pengamatan.

VII. Kesimpulan.

I. Tujuan

Setelah melaksanakan percobaan ini, saudara diharapkan dapat:

1. Merakit rangkaian seperti gambar yang telah diberikan.
2. Melakukan sinkronisasi generator dengan sumber tegangan jala-jala (PLN) dengan metode Terang-Gelap.
3. Mekaukan sinkronisasi generator dengan sumber tegangan jala-jala (PLN) dengan metode frekuensi sama, tegangan sama dan menggunakan alat syncronouscop.
4. Dapat memberikan analisa dan kesimpulan terkait percobaan yang telah dilakukan.

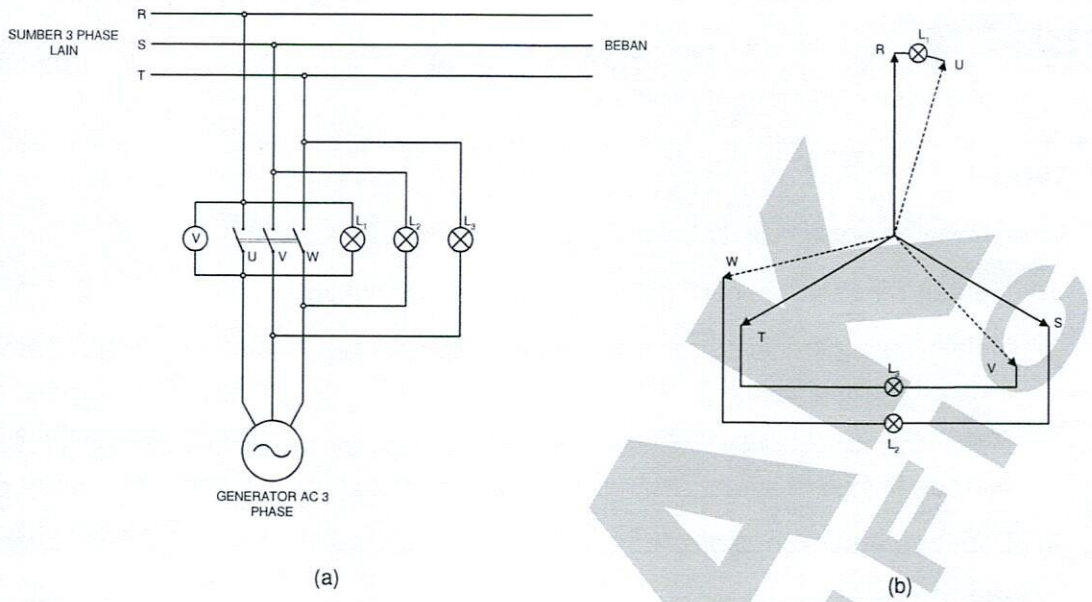
II. Pendahuluan

Memparalelkan dua sistem catu daya menjadi satu adalah hal yang kadang perlu kita lakukan. Untuk melayani kapasitas beban yang besar, sering kita harus menggunakan dua atau lebih generator AC dengan tujuan untuk memperbesar kapasitas daya yang dibangkitkan. Dan juga untuk menjaga kontinuitas pelayanan, adakalanya kita menggantikan suatu generator AC dengan generator AC lain bila tiba masanya untuk perawatan.

Proses memparalelkan ini dapat disebut sebagai Sinkronisasi. Untuk melakukan sinkronisasi ada beberapa syarat yang harus dipenuhi, yaitu :

1. Besar harga sesaat ggl kedua generator AC harus sama, namun bertentangan arah.
2. Frekuensi generator AC satu dengan generator AC yang lain atau dengan jala-jala harus sama.
3. Nilai efektif arus bolak-balik dari tegangan harus sama.
4. Urutan fasa kedua generator AC harus sama.
5. Fasa kedua generator AC harus sama dan bertentangan setiap saat.

Misal ada suatu generator AC tiga fasa hendak kita paralelkan dengan jala-jala yang sudah ada. Ketika generator telah berputar dengan kecepatan sinkronnya, maka disisi penguatan kita beri arus penguatan (I_f). Kita atur besar arus penguatan sehingga didapat besar tegangan terminal (V_t) jangkar generator AC yang sama dengan tegangan jala-jala. Dan untuk melakukan proses sinkronisasi generator AC tiga fasa yang ada dengan jala-jala, maka digunakan suatu rangkaian dengan menggunakan lampu indikator seperti pada Gambar 13.1.

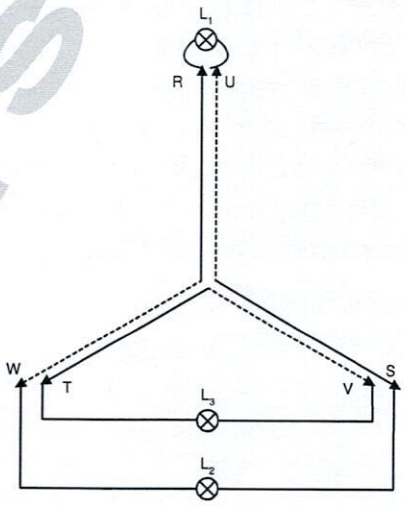


Gambar 13.1

Dari gambar 13.1(a) terlihat bahwa L_1 dipasangkan pada fasa yang sama, sedang L_2 dan L_3 dipasangkan pada fasa yang bersilangan. Jika rangkaian tersebut benar, maka sebagai indikator dapat dilihat pada nyala lampu. Lampu L_1 akan padam, seperti pada gambar 13.1(b) karena fasa R dan U akan berimpit dengan besar yang sama. Sedangkan lampu L_2 dan L_3 akan menyala sama terang.

Jika urutan fasa yang dipasang atau frekuensi antara generator AC dengan jala-jala belum sama, maka lampu L_1, L_2, dan L_3 akan menyala hidup-mati secara bergantian, atau ketiganya akan menyala sama terang. Untuk hal ini, maka dua fasa sembarang pada terminal generator AC harus kita tukar. Dan untuk memperbaiki frekuensi generator AC, maka kecepatan penggerak generator harus kita atur.

Jadi saat yang tepat untuk melakukan sinkronisasi ialah ketika lampu L_1 padam, dan dua lampu L_2 dan L_3 menyala sama terang. Untuk jelasnya lihat Gambar 13.2.



Gambar 13.2

III. Buku Bacaan

Untuk membantu dan menambah pengetahuan tentang materi pada percobaan ini, pemakai disarankan membaca buku-buku yang berikut ini:

1. Chapman, S.J.,"*Fundamentals of Electric Machines*", Mc-Graw Hill Book Company. New York: 1991.
2. Nagrath, I.J., "*Electrical Machine*", Tata Mc-Graw Hill Book Company. New Delhi: 1958.

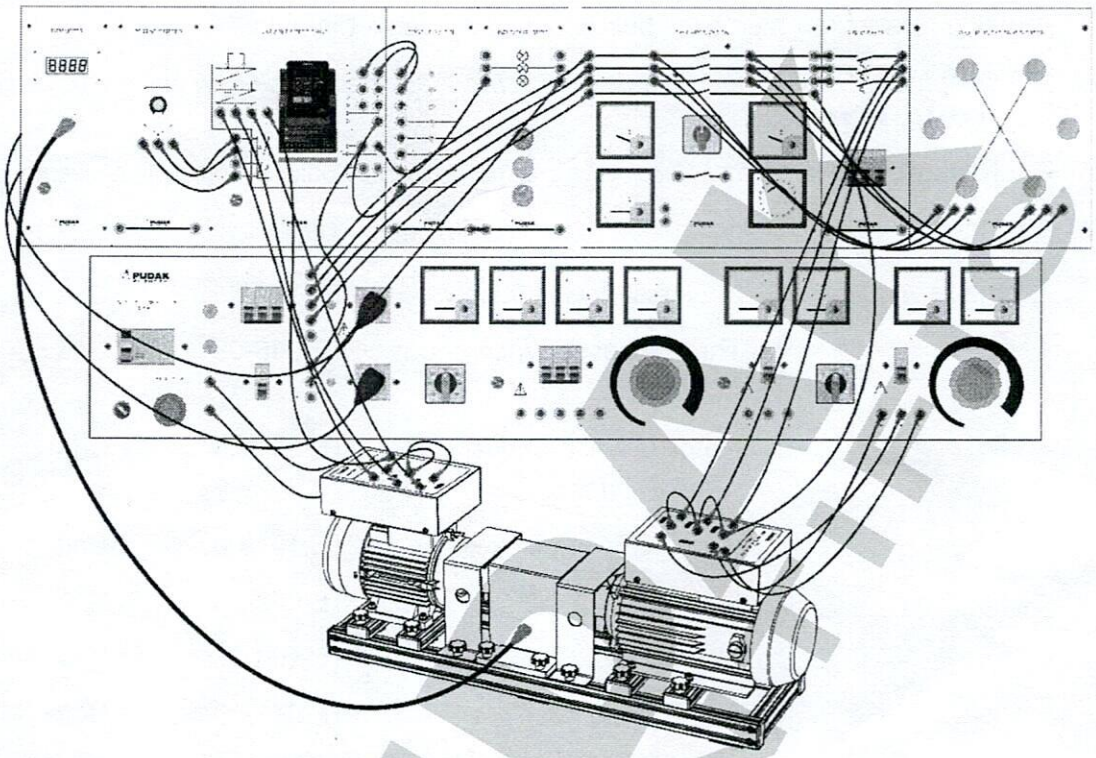
IV. Peralatan

Utama	:	Universal Power Supply	PTE-154-001	1 Unit
	:	Three phase Synchronous AC Machine	PTE-046-08	1 Unit
	:	Motor Asynchronous rotor sangkar 3 fasa	PTE-046-05	1 Unit
	:	Variable Speed Drive	PTE-154-002	1 Unit
	:	Encoder	PTE-052-33	1 Unit
	:	RPM Meter	PTE-124-06	1 Unit
	:	Indicator Lamps	PTE-048-09	1 Unit
	:	Three Phase MCB	PTE-048-03A	1 Unit
	:	Toggle Switch	PTE-048-37	1 Unit
	:	Potensiometer	PTE-048-27	1 Unit
	:	Synchronization Circuit	PTE-055-18	1 Unit
	:	Synchronization Indicator	PTE-055-19	1 Unit
	:	AC Voltmeter	PTE-124-07	2 Unit
	:	Safety Connecting Leads		
	:	Reil DIN		
	:	Safety Coupling		
	:	Rubber Coupling		
Pendukung	:	Mulitimeter Digital		1 Unit

V. Langkah Kerja

- ***Pastikan sumber tegangan stabil antara fasa ke fasa 380V ± 10 % dan 220 ± 10 % fasa ke Neutral sesuai dengan IEC 60038.***
- ***Mengetahui tentang keselamatan kerja di laboratorium listrik***
- ***Perhatikan hal-hal yang perlu diproteksi saat sebelum melakukan percobaan dan sesuai dengan IEC 60364.***
- ***Baca terlebih dahulu langkah-langkah percobaan sebelum melakukan percobaan.***

1. Siapkan peralatan yang dibutukan seperti gambar 13.3 di bawah ini, serta alat pendukung lainnya.



Gambar 13.3 Rangkaian Sinkronisasi

2. Kemudian rakit rangkaian berdasarkan gambar 13.3 di atas.
3. Setelah rangkaian selesai dirakit, periksakan rangkaian yang sudah dirakit ke instruktur untuk pengecekan rangkaian sebelum dihubungkan ke sumber listrik.

Sumber tegangan yang digunakan tegangan tinggi, jangan merubah rangkaian pada saat rangkaian di aliri oleh sumber energi listrik.

4. Sebelum rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan, lakukan pengecekan sumber tegangan terlebih dahulu dengan multimeter dengan tegangan line to line dan line to neutral (380V ± 10% dan 220V ± 10%).
5. Pastikan sumber tegangan yang terukur sesuai dengan template yang ada pada motor.
6. Hubungkan sumber tegangan yang sudah diukur ke Universal power supply, kemudian putar key switch ke posisi "ON" serta naikkan tuas MCB ke posisi ON.
7. Hubungkan sumber tegangan 1 fasa pada variable Speed Drive.
8. Lakukan penyettingan parameter-parameter untuk kontrol eksternal (Lihat buku manual L510s).
9. Hubungkan sumber tegangan pada RPM meter dan Power Meter Digital

10. Hubungkan terminal F1 dan F2 pada pada sumber tegangan DC 220V
11. Ubah posisi toggle S1 ke posisi 1 pada Variable Speed Drive.
12. Putar potensiometer kearah maksimum seacara berlahan sampai kecepatan motor kira-kira 3000 RPM.
13. Saat menaikkan putaran motor untuk mencapai terjadinya sinkronisasi yang perlu diperhatikan juga terkait tegangan eksitasi yang terhubung dengan F1 dan F2.
14. Ketika putaran sudah mencapai 3000 RPM, tegangan eksitasi kembali di atur dan perhatikan frekuensi generator dan jala2. Apakah sudah sama?
15. Perhatikan juga lampu indikator sinkronisasi. Apakah yang sefasa lampu padam dan lampu yang beda fasa terang?
16. Ukur tegangan di sisi jala-jala dan di sisi generator untuk fasa yang sama!
17. Ukur tegangan beda fasa antara saluran jala-jala dengan saluran generator untuk fasa yang sama.
18. Perhatikan panel synchronouschop apakah sudah memberikan sinyal dengan indikator di posisi sinkronisasi? Jika sudah putar cam switch ke posisi ON.
19. Selama percobaan sinkronisasi dilakukan dengan sangat hati-hati, jika ada hal-hal yang terjadi di luar dugaan tekan tombol Emergency dan semua system akan kembali ke posisi "OFF".
20. Setelah selesai melakukan percobaan, rubah posisi togle S1 ke posisi "0" dan motor berhenti beputar.
21. Putuskan rangkaian dari sumber listrik.

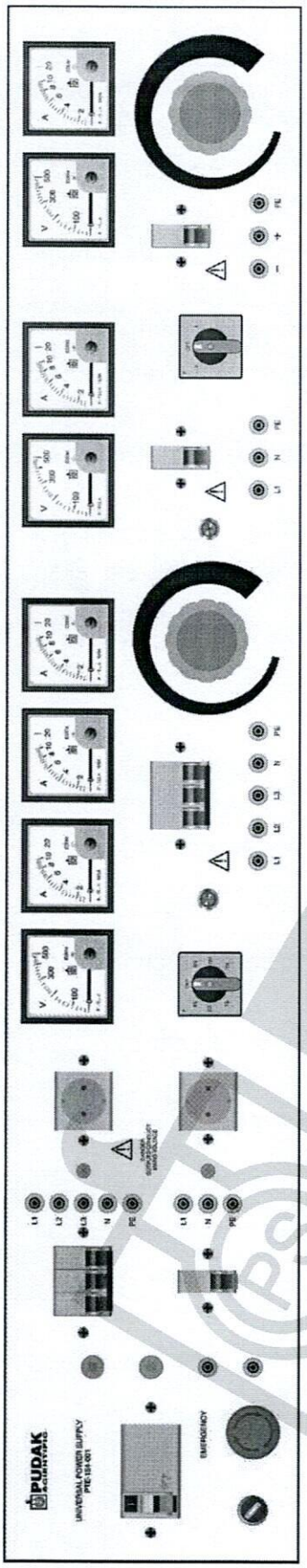
VI. Pertanyaan.

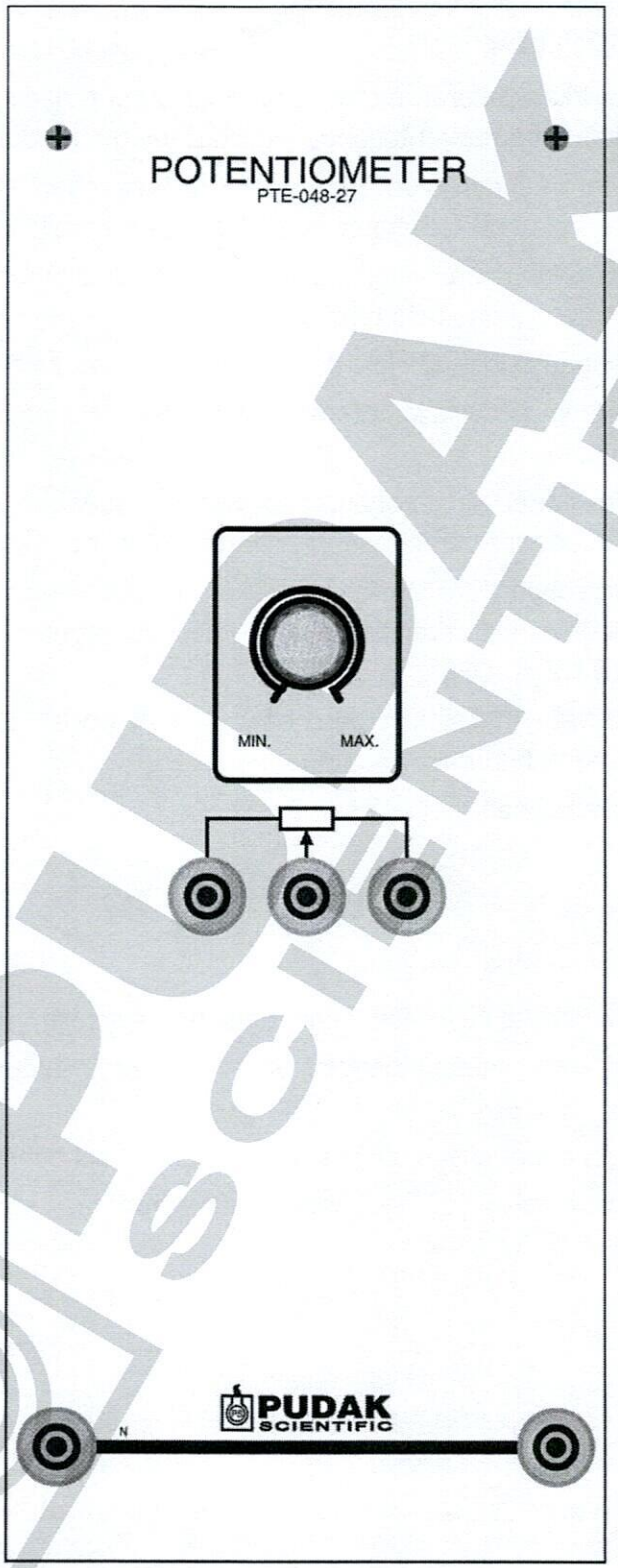
1. Apa fungsi dari Sinkronisasi?
2. Kenapa syarat utama kedua pembangkit harus sefasa?
3. Apa yang anda ketahui dengan terjadinya pada lampu indikator terang gelap? Jelaskan!
4. Sinkronisasi dapat dilakukan jika sudah melengkapi beberapa syarat yaitu?
5. Buatlah kesimpulan dari hasil pengamatan saudara.

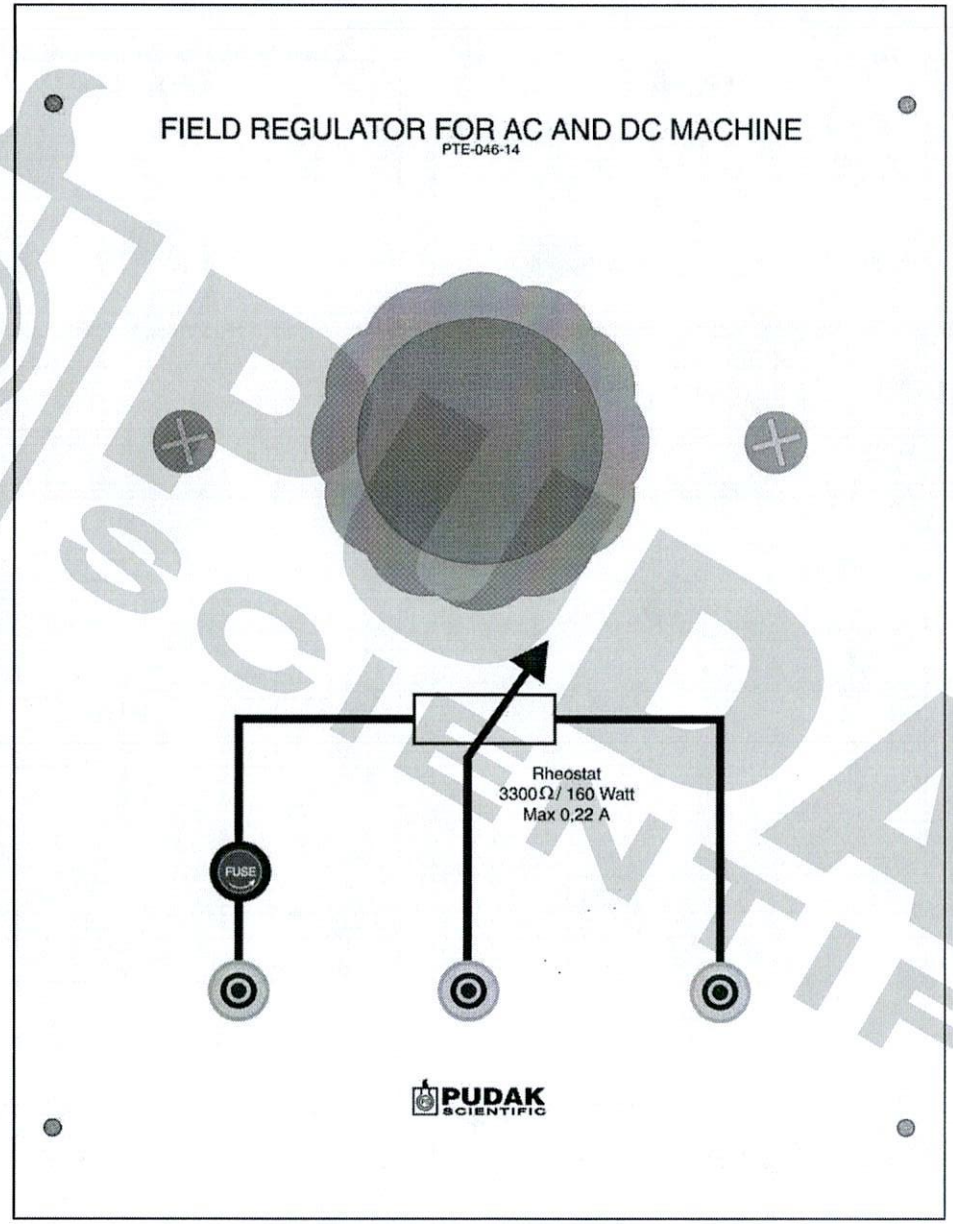
VII. Kesimpulan.

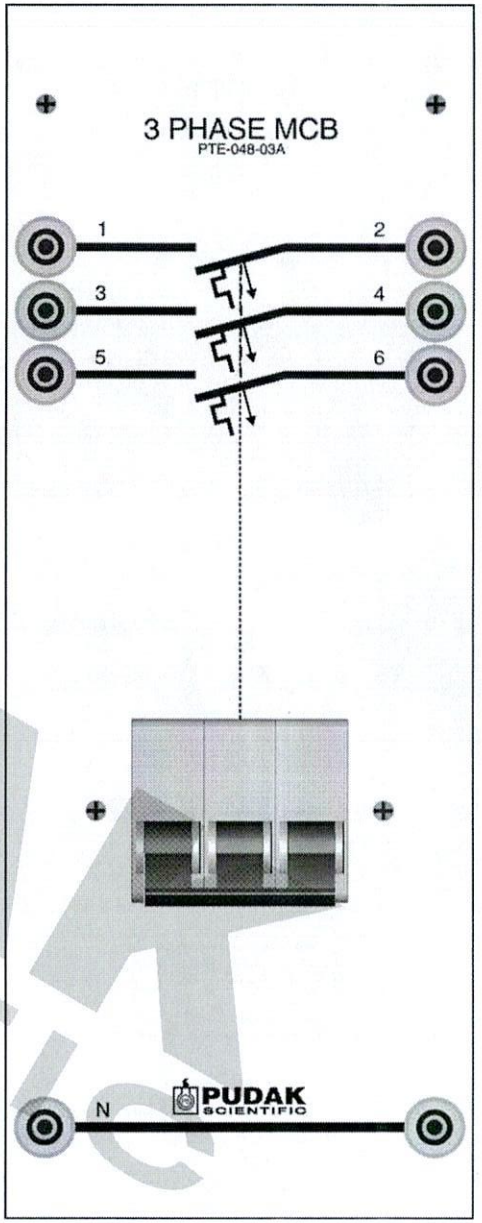
III. Lampiran

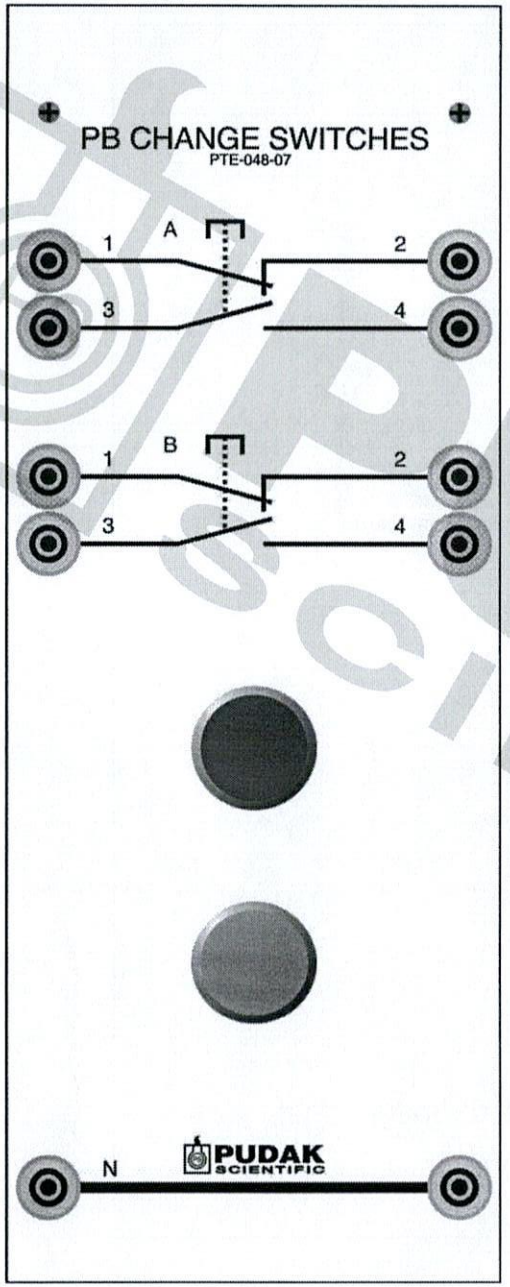
A. Gambar Peralatan

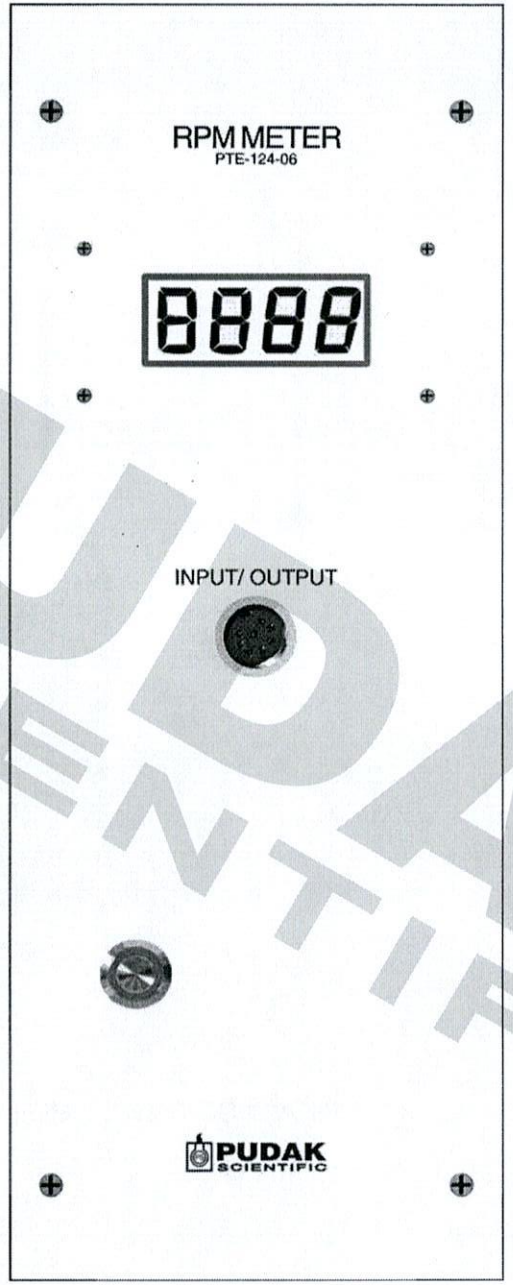


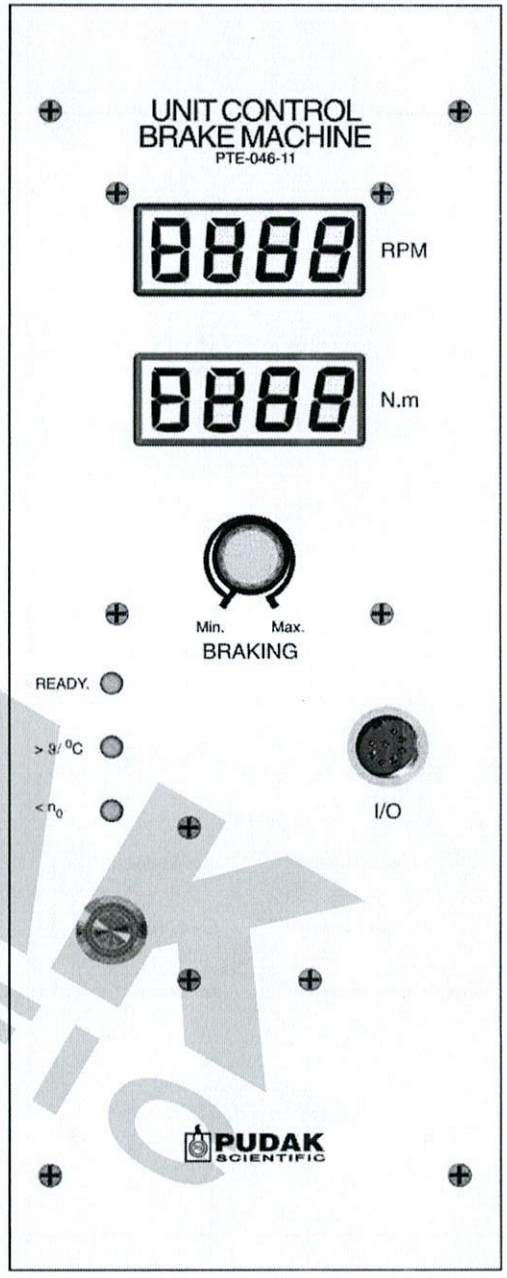


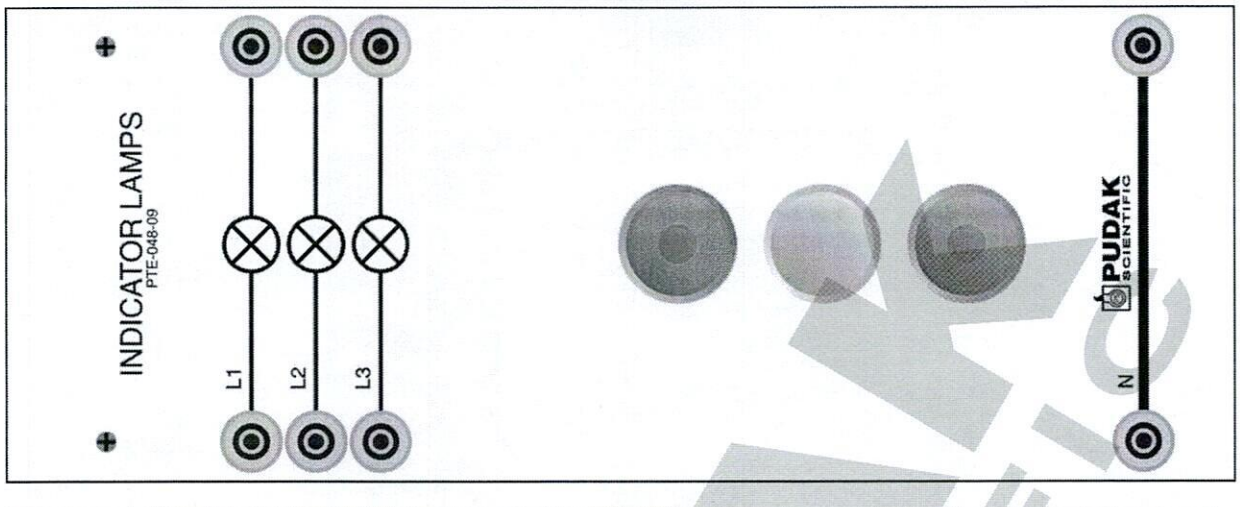

FIELD REGULATOR FOR AC AND DC MACHINE
PTE-046-14
Rheostat
3300Ω/ 160 Watt
Max 0,22 A
FUSE
PUDAK
SCIENTIFIC

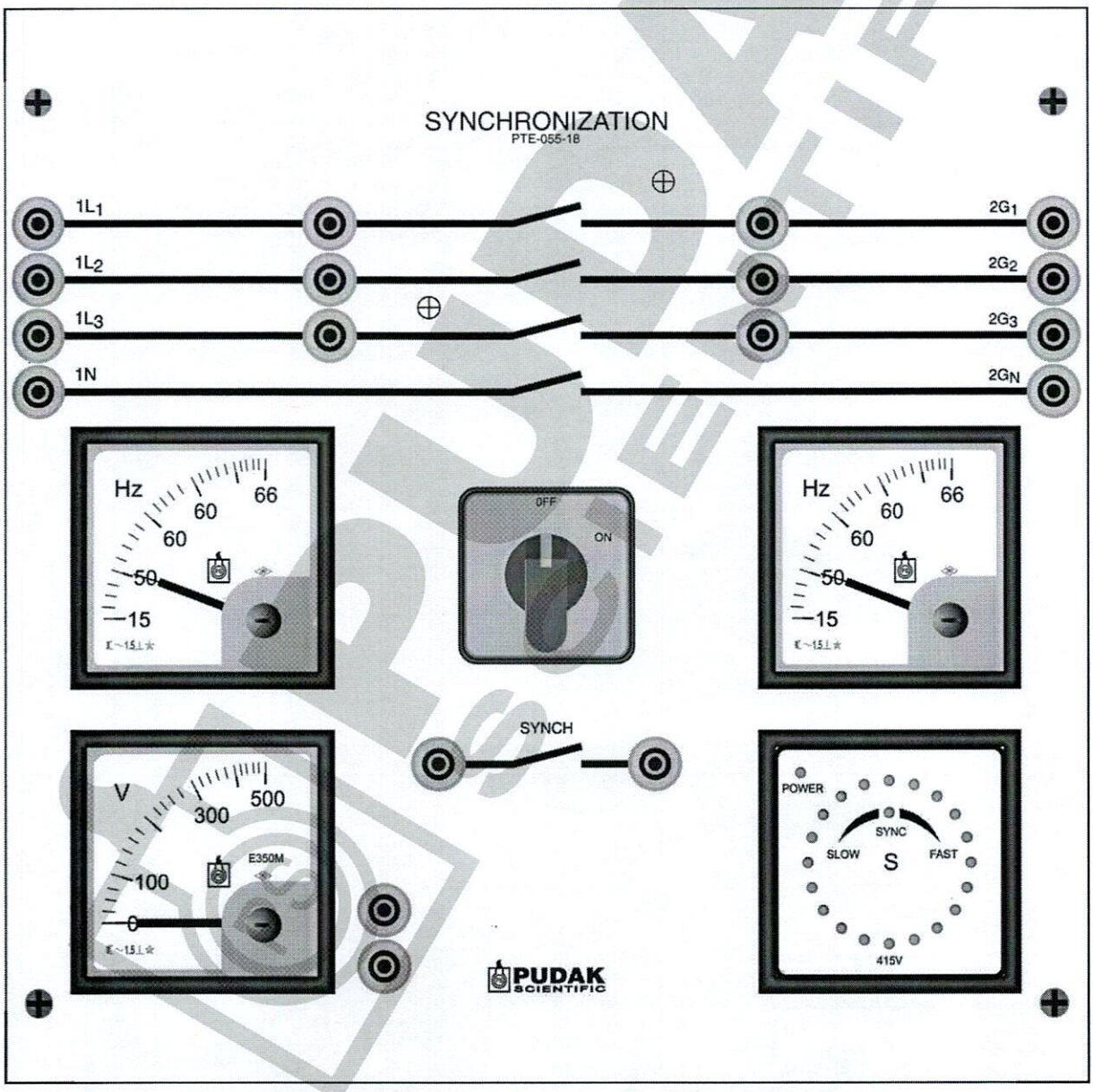

3 PHASE MCB
PTE-048-03A
1
2
3
4
5
6
N
PUDAK
SCIENTIFIC

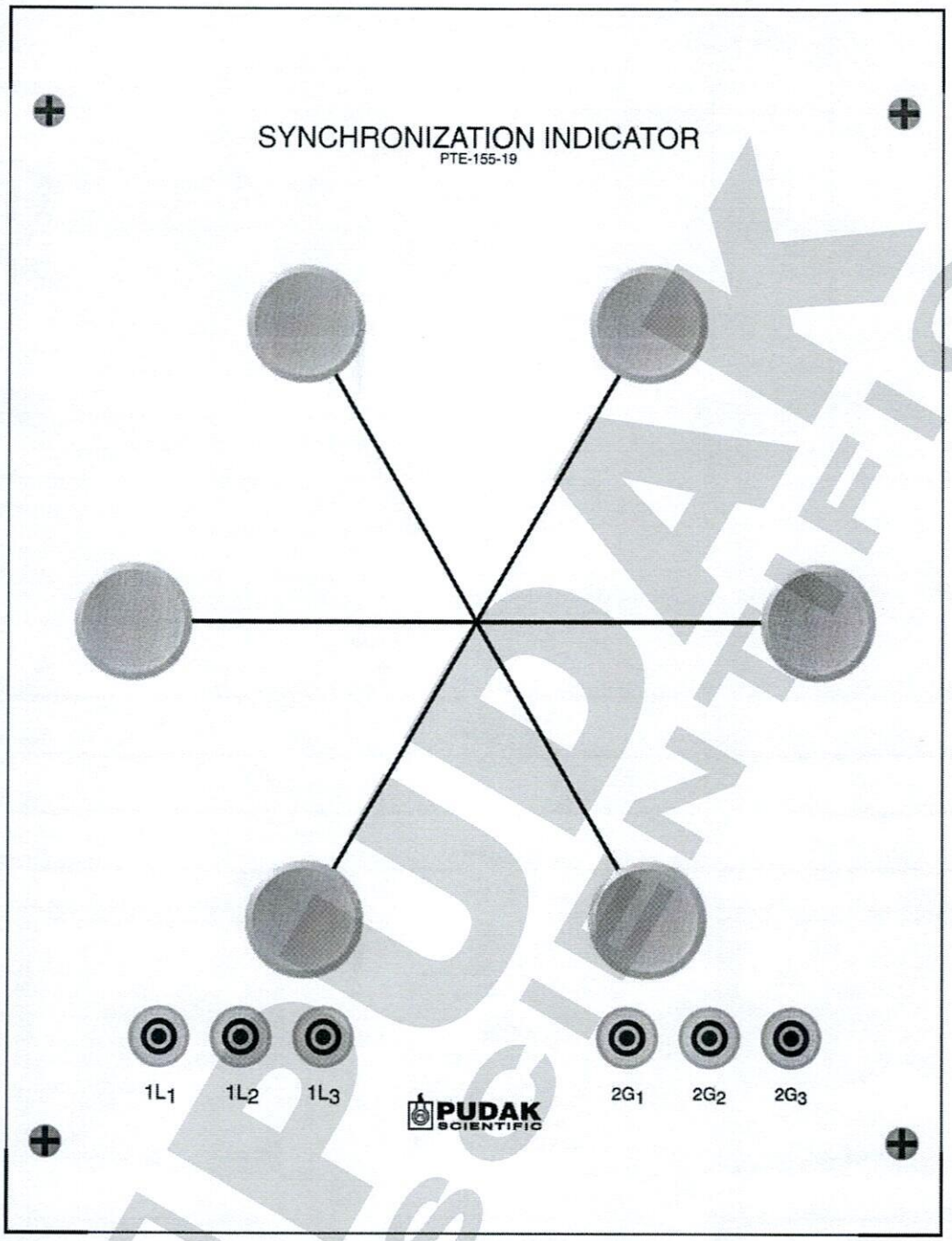

PB CHANGE SWITCHES
PTE-048-07
A
1
2
3
4
B
1
2
3
4
N
PUDAK SCIENTIFIC

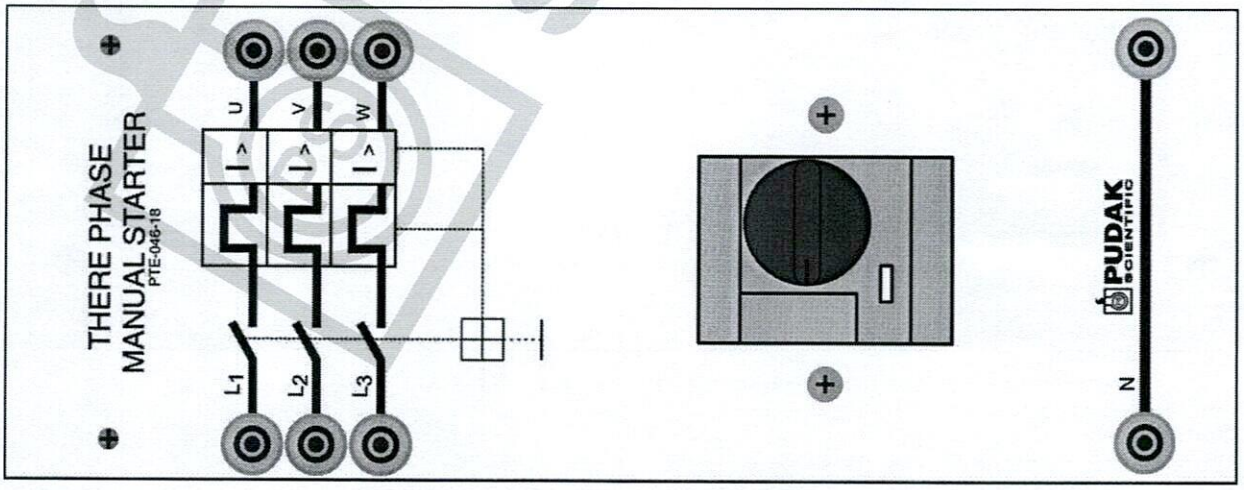

RPM METER
PTE-124-06
8888
INPUT/ OUTPUT
PUDAK SCIENTIFIC

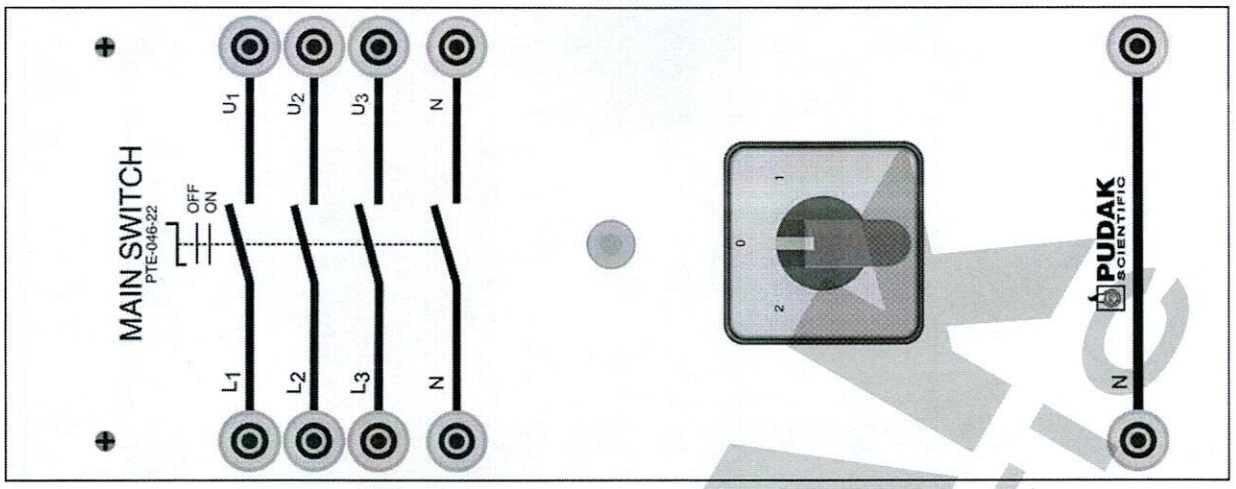

UNIT CONTROL
BRAKE MACHINE
PTE-046-11
8888
RPM
8888
N.m
Min.
Max.
BRAKING
READY.
> ϑ/ °C
< n0
I/O
PUDAK SCIENTIFIC

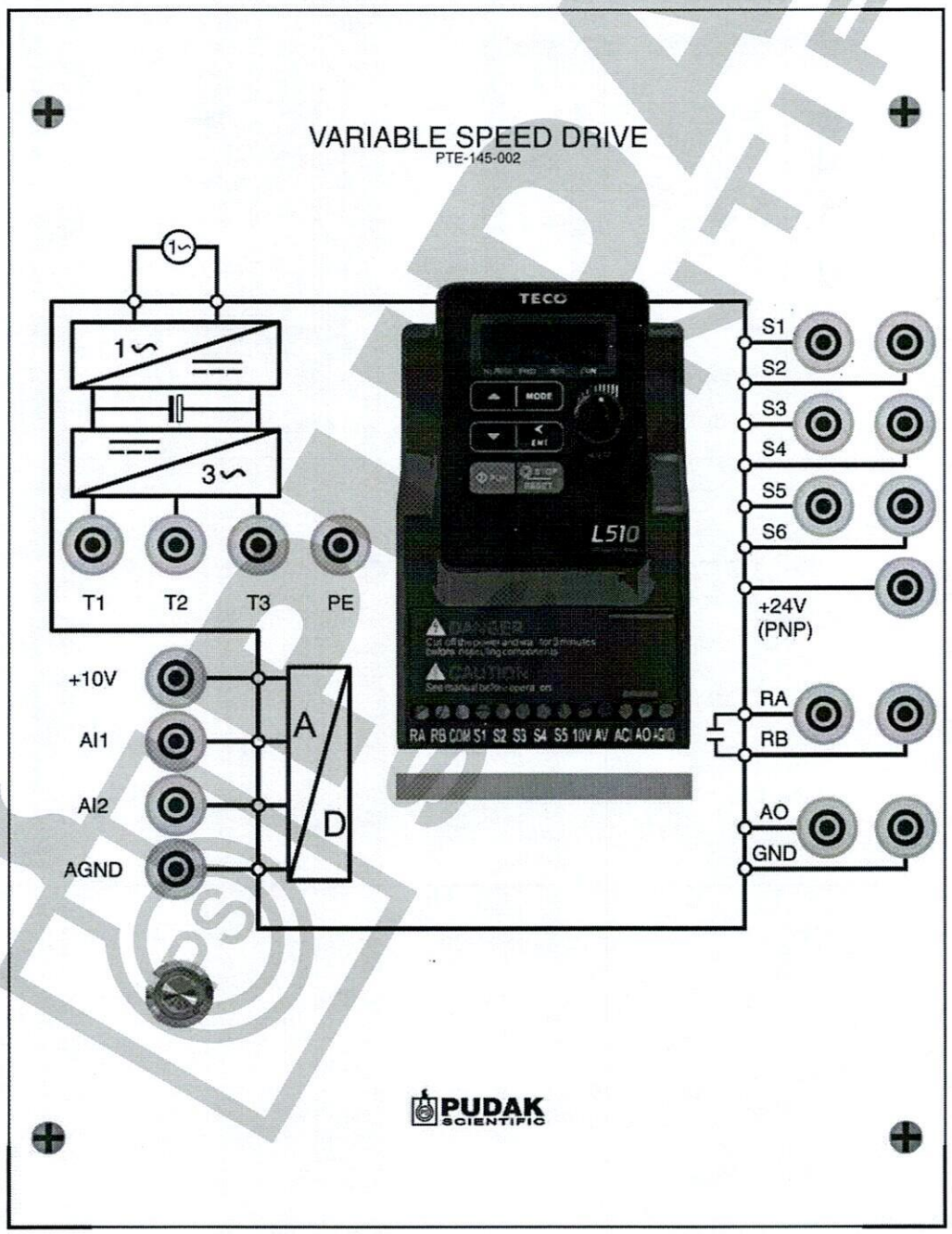

INDICATOR LAMPS
PTE-048-09
L1
L2
L3
N
PUDAK
SCIENTIFIC

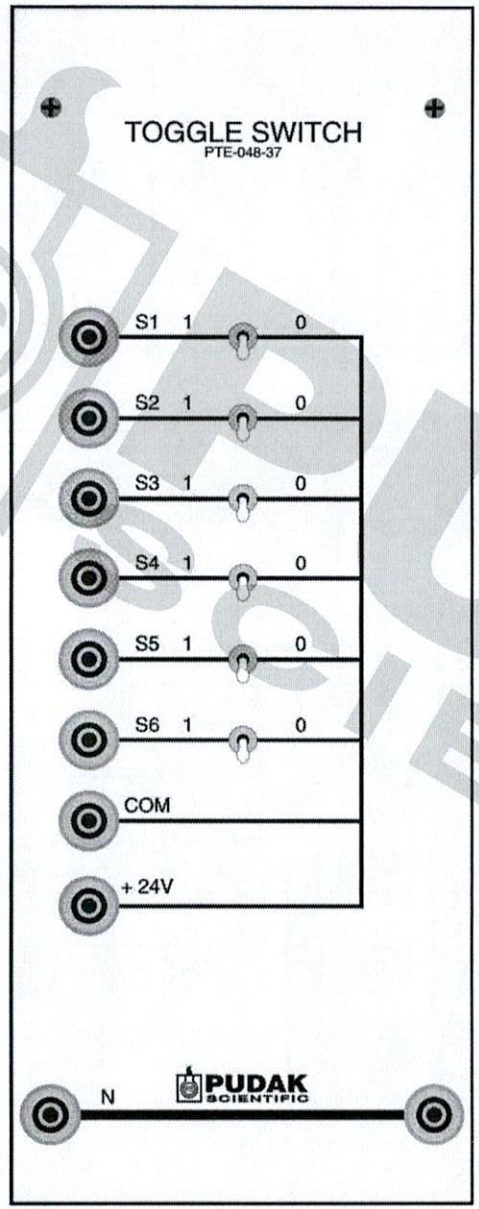

SYNCHRONIZATION
PTE-055-18
1L1
1L2
1L3
1N
2G1
2G2
2G3
2GN
Hz
66
60
60
50
15
OFF
ON
Hz
66
60
60
50
15
SYNCH
V
500
300
100
0
E350M
POWER
SYNC
SLOW
S
FAST
415V
PUDAK
SCIENTIFIC

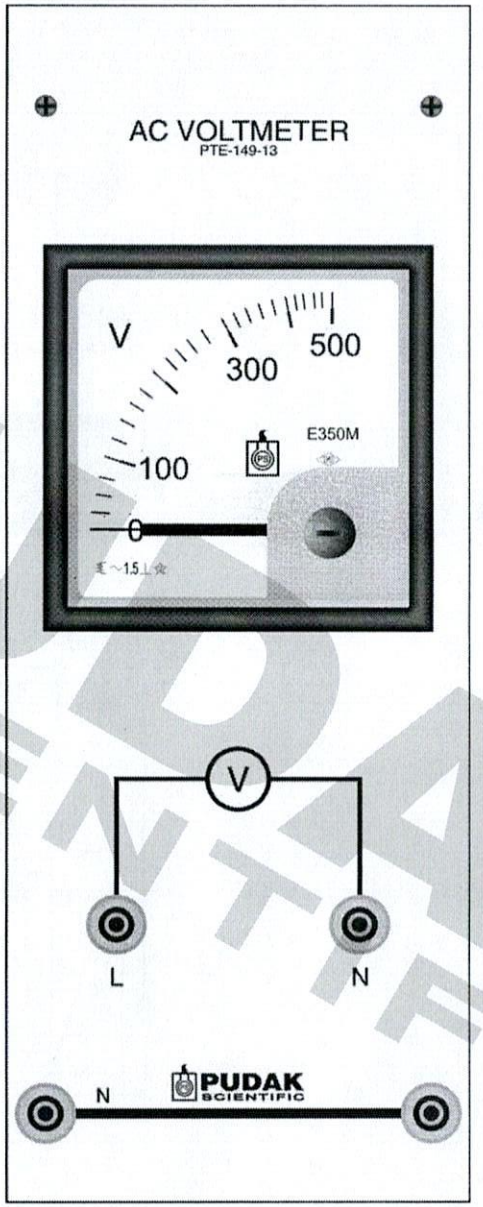

SYNCHRONIZATION INDICATOR
PTE-155-19
1L1
1L2
1L3
PUDAK SCIENTIFIC
2G1
2G2
2G3

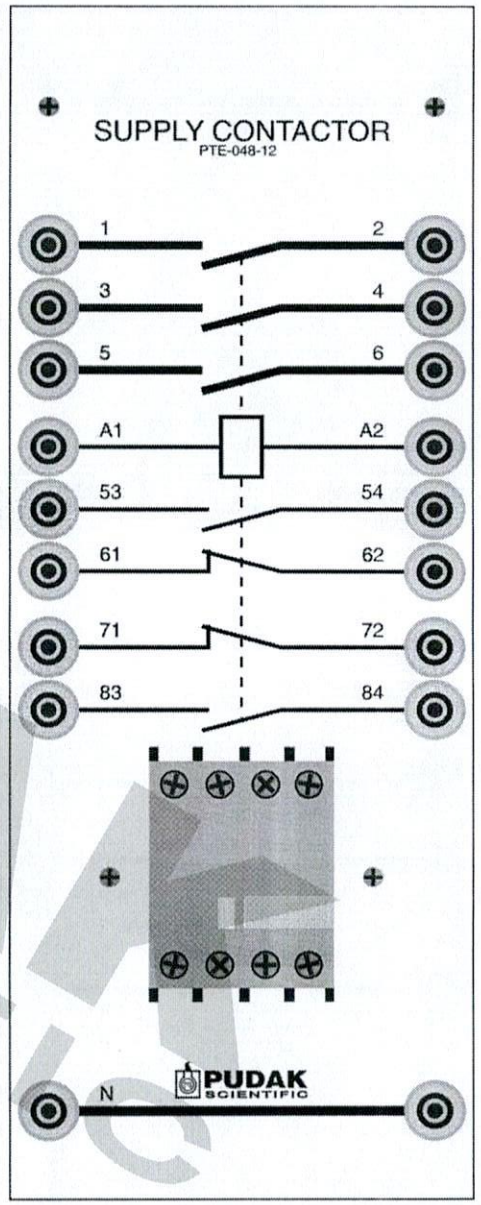

THERE PHASE
MANUAL STARTER
PTE-046-18
U
V
W
L1
L2
L3
N
PUDAK SCIENTIFIC


MAIN SWITCH
PTE-046-22
OFF
ON
U1
U2
U3
N
L1
L2
L3
N
0
1
2
N
PUDAK
SCIENTIFIC


VARIABLE SPEED DRIVE
PTE-145-002
1~
1~
3~
T1
T2
T3
PE
+10V
AI1
AI2
AGND
A
D
TECO
MODE
L510
RA RB COM S1 S2 S3 S4 S5 10V AV ACI AO AGND
S1
S2
S3
S4
S5
S6
+24V
(PNP)
RA
RB
AO
GND
PUDAK
SCIENTIFIC

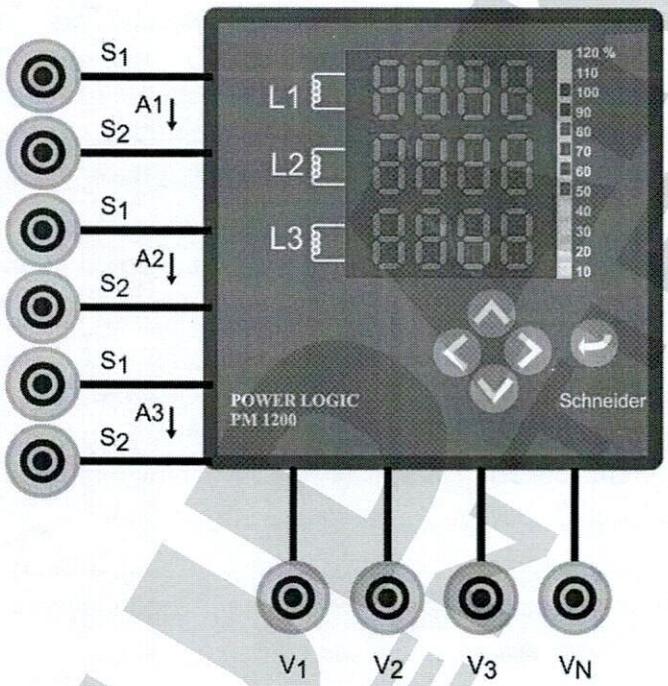

TOGGLE SWITCH
PTE-048-37
S1 1 0
S2 1 0
S3 1 0
S4 1 0
S5 1 0
S6 1 0
COM
+ 24V
N
PUDAK SCIENTIFIC


AC VOLTMETER
PTE-149-13
V
100
300
500
0
E350M
V
L
N
N
PUDAK SCIENTIFIC


SUPPLY CONTACTOR
PTE-048-12
1
2
3
4
5
6
A1
A2
53
54
61
62
71
72
83
84
N
PUDAK SCIENTIFIC

DIGITAL POWER METER

PTE-046-28



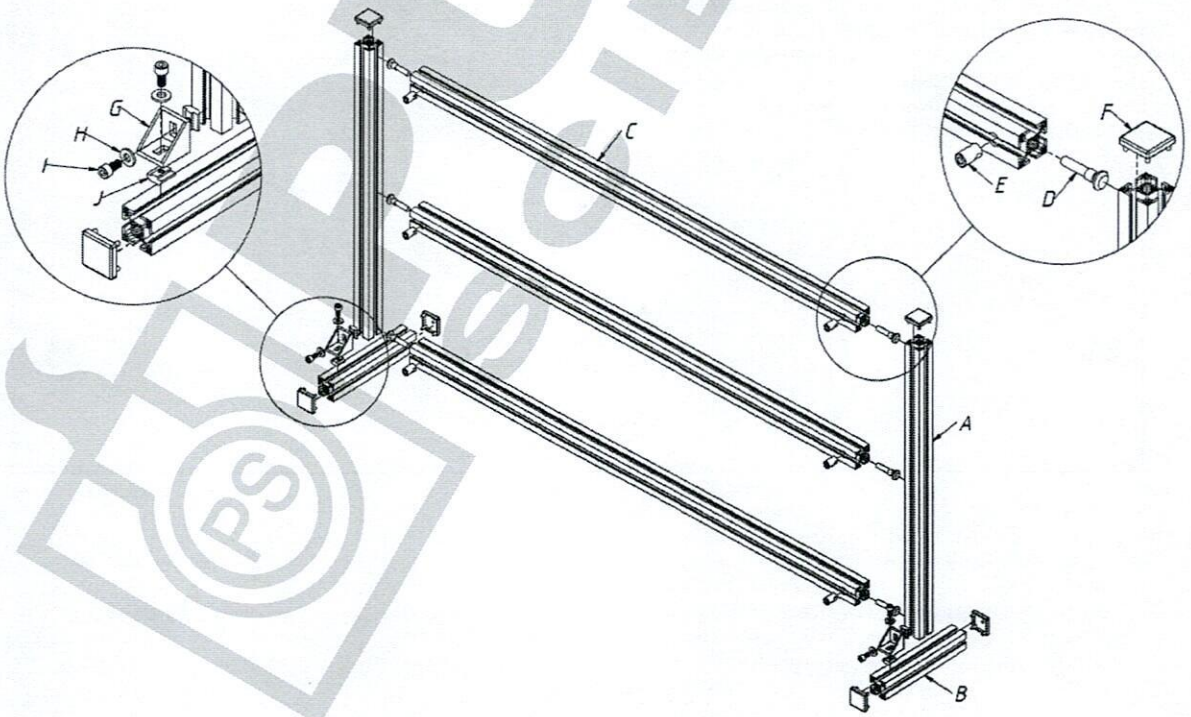
PUDAK SCIENTIFIC

B. Cara Merakit Rak Panel

1. Keluarkan semua perangkat *ASSEMBLY RACK*, yang terdiri atas:

   2 buah bagian tiang frame (a);
   2 buah bagian kaki frame (b);
   3 buah batang frame (c);
   6 buah anchor connector 1 (d);
   6 buah anchor connector 2 (e);
   4 buah End Cap (f).
   6 buah angle bracket (g).
   4 buah ring M6 (h)
   4 buah Sliding Nut Tubular M6 (I dan J)

2. Pasangkan tiang frame dan kaki frame, kemudian ikatkan menggunakan angle bracket + baut L + Sliding Nut Tubular, masing-masing 2 buah (lihat gambar inset 1). Kencangkan ikatan masing-masing baut.
3. Masukkan Anchor Connector 1 dan 2 pada lubang batang frame T masing-masing satu buah (kiri dan kanan). Perhatikan gambar inset 2.
4. Setelah Anchor Connector 1 dan 2 terpasang semua, satukan batang-batang Frame T ini dengan Tiang Frame T dengan memasukkan ujung Anchor Connector 1 ke slot yang tersedia pada tiang, ikatlah penyangga ini dengan baut kepala kunci "L", jangan langsung dikencangkan. Pasanglah semua batang Frame T pada kedua tiang dan pastikan jarak antar batang sesuai dengan tinggi panel.
5. Setelah semua batang Frame T terpasang dan terikat dengan baik, barulah kencangkan ikatan baut pengikat ini dengan menggunakan kunci "L".
6. Tutuplah sisi potong Frame T dengan End Cap (f).



Daftar Isi

Daftar Isi 1
I. Pendahuluan 3
II. Spesifikasi 3
III. Peralatan 8
IV. Safety 20
V. Konfigurasi/Cara Pemasangan/Pengoperasian 20

I. Pendahuluan

Synchronous Motor and Synchronous Generator, merupakan alat peraga pendidikan untuk mempelajari mengenai karakteristik motor sinkron sebagai motor maupun generator.

Trainer PT170428ECS Synchronous Motor and Synchronous Generator didesain dalam bentuk modul-modul dan dilengkapi dengan spare-part pendukung sehingga memudahkan dalam proses peraktikum dan disediakan juga tempat penyimpanan komponen ataupun modul-modul setelah selesai melakukan praktikum.

Untuk kelengkapapan K3, Synchronous Motor and Synchronous Generator dilengkapi dengan tombol emergency, pengaman tegangan sentuh/tidak sentuh sebesar 30mA dan pengaman beban lebih.

Bagian terminal input dan output menggunakan soket 4mm agar memudahkan penyambungan.

II. Spesifikasi

Synchronous Motor and Synchronous Generator terdiri dari modul-modul yang di lengkapi dengan beberapa komponen pendukung dan aksesories diantaranya:

Universal Power Supply:

- Tegangan input : Saluran tiga fasa 380V ± 10% 50Hz
- Tegangan output : 380V ± 10% 50Hz, 220V ± 10% 50Hz, 0 - 240V AC, 0 - 415V dan 0 - 220V DC. 4A
- Socket output : 220V AC/50Hz
- Terminal output : Socket 4mm dengan safety

Three Phase MCB:

- Kontak utama : 3 kontak,beban maksimum 4A
- Fault simulator : untuk L2 dan L3
- Terminal Output : Socket 4mm dengan safety
- Ukuran (W x H x D) : 114 x 279 x 100mm

Three Phase Asynchronous Squirrel Cage AC Machine:

- Tegangan input : 220V/ 380V dan 50Hz
- Power : 370W
- Kecepatan rotor : 2800 RPM
- Arus : 2.42/ 1.4 A
- Terminal Output : Socket 4mm dengan safety

Three Phase Synchronous AC Machine:

- Tegangan input : 220V/ 380V dan 50Hz
- Power : 250W sebagai generator dan 200W sebagai Motor.
- Kecepatan rotor : 3000 RPM
- Arus : 0.65/0.38 A
- Tegangan Esksitasi : 220V DC
- Arus Eksitasi : 0.4A
- Terminal Output : Socket 4mm dengan safety

Field Regulation for AC abd DC Machine:

- Rheostat : 3300Ω/160W
- Terminal Output : Socket 4mm dengan safety
- Ukuran (W x H x D) : 228 x 279 x 100mm

Brake machine:

Digunakan untuk mengerem motor yang akan di uji karakterisiknya

- Tegangan input : 0 - 12V DC dan 0.5A DC
- Torsi maksimum : 5N.m
- Sensor : Sensor temperatur dan optocoupler
- Pendingin : Fan 12V

Unit Control Brake Machine:

Digunakan untuk mengontrol Brake machine pada saat pengujian.

- Tegangan input : Max. 230V/ 50Hz.
- Display RPM : 0 - 9999 RPM
- Display Torsi : 0.1 - 9999N.M
- Indicator : Over temperatur, Speed protection dan standby.
- Ukuran (W x H x D) : 114 x 279 x 100mm

RPM Meter:

Digunakan untuk display kecepatan motor

- Tegangan input : Max. 230V/ 50Hz.
- Display RPM : 0 - 9999 RPM
- Ukuran (W x H x D) : 114 x 279 x 55mm

PUDAK SCIENTIFIC

Push-Buttons Change Switches:

- Tombol tekan : 2 kontak NO dan 2 kontak NC, beban maksimum 250V/ 10A
- Fault simulator : 1 kontak NO dan 1 kontak NC
- Terminal Output : Socket 4mm dengan safety
- Ukuran (W x H x D) : 114 x 279 x 55mm

Indicator Lamps:

3 (tiga) lampu indikator warna merah, kuning dan hijau.

- Tegangan input : Max. 230V/ 50Hz.
- Terminal Output : Socket 4mm dengan safety
- Ukuran (W x H x D) : 114 x 279 x 55mm

Three Phase R-L-C Loads:

Terdiri dari tiga macam jenis beban yaitu beban resistif, kapasitif dan induktif.

- Tegangan input : 220V/ 380V
- Power : 300 Watt and 300VAR
- Terminal Output : Socket 4mm dengan safety

Synchronization Circuit:

Terdiri dari Panel meter frekuensi, panel meter tegangan, synchronouscop dan sakelar.

- Tegangan input : 220V/ 380V
- Panel Frekuensi : 45 - 65 Hz
- Panel meter tegangan : 0 - 20V.
- Sakelar pilih :ON - OFF
- Panel Synchronouscop: 415V dan dilengkapi dengan lampu indikator saat mensinkronkan dua pembangkit.
- Terminal Output : Socket 4mm dengan safety
- Ukuran (W x H x D) : 300 x 279 x 100mm

Synchronization Indicator:

Terdiri dari 6 lampu indikator yang masing-masing 2 lampu terhubung seri.

- Tegangan input : 380V
- Terminal Output : Socket 4mm dengan safety
- Ukuran (W x H x D) : 228 x 279 x 55mm

Motor Starter And Protect Circuit Breaker:

- Kontak : 3 kontak NO
- Trip Overload : 1A
- Terminal Output : Socket 4mm dengan safety
- Ukuran (W x H x D) : 114 x 279 x 100mm

Main Switch:

- Kontak : 4 kontak NO
- Indicator : lampu indikator Dia. 10mm
- Arus maksimum : 20A
- Terminal Output : Socket 4mm dengan safety
- Ukuran (W x H x D) : 114 x 279 x 100mm

Power Meter Digital:

Digunakan untuk mengukur besaran-besaran listrik yang terdiri dari tegangan, arus, daya dan faktor daya. Digunakan untuk mengukur besaran listrik 1 fasa dan 3 fasa.

- Input tegangan supply : 220V AC/ 50Hz
- Display : 0 -9999
- Measurement Current Direct. : 5A
- Measurement voltage Direct. : 415V
- Terminal Output : Socket 4mm dengan safety
- Ukuran (W x H x D) : 228 x 279 x 100mm

Supply Contactor:

- Kontak utama : 3 kontak,beba maksimum 25A/ 400V
- Kontak tambahan : 4 kotak tambahan, 2 NO dan 2 NC
- Tegangan Coil : 220V/ 50Hz
- Fault simulator : untuk L2, kontak coil (A1) dan kontak tambahan NO
- Terminal Output : Socket 4mm dengan safety
- Ukuran (W x H x D) : 114 x 279 x 100mm

Variable Speed Drive:

- Input Tegangan supply : 220V AC/ 50Hz
- Control analog : 0 - 10V DC dan 0 - 250mA
- Control digital : 0 dan +24V DC

- Output : 380V AC
- Terminal Output : Socket 4mm dengan safety
- Ukuran (W x H x D) : 228 x 279 x 100mm

AC Voltmeter

Panel meter analog type rectifier, kelas 2.5 dengan ukuran panel meter 96 x 96 mm

- Range pengukuran : 0 – 450V AC, 50Hz
- Terminal Input : Socket 4mm dengan safety
- Ukuran (W x H x D) : 228 x 279 x 100mm

Ecoder:

- Input tegangan : 5V DC
- Output : 0V dan 5V (Pulse)

Potensiometer:

- Nilai Resistansi : 10kΩ
- Terminal Input : Socket 4mm dengan safety
- Ukuran (W x H x D) : 114 x 279 x 50mm

Toggle Switch:

- Toggle Switch : 6 unit toggle.
- Terminal Input : Socket 4mm dengan safety
- Ukuran (W x H x D) : 114 x 279 x 50mm

Aksesories:

- Reil DIN/Dudukan Motor
- Safety Coupling
- Rubber Coupling
- Safety connecting leads
- Connecting cross
- Buku panduan percobaan

PUDAK SCIENTIFIC

III. Peralatan

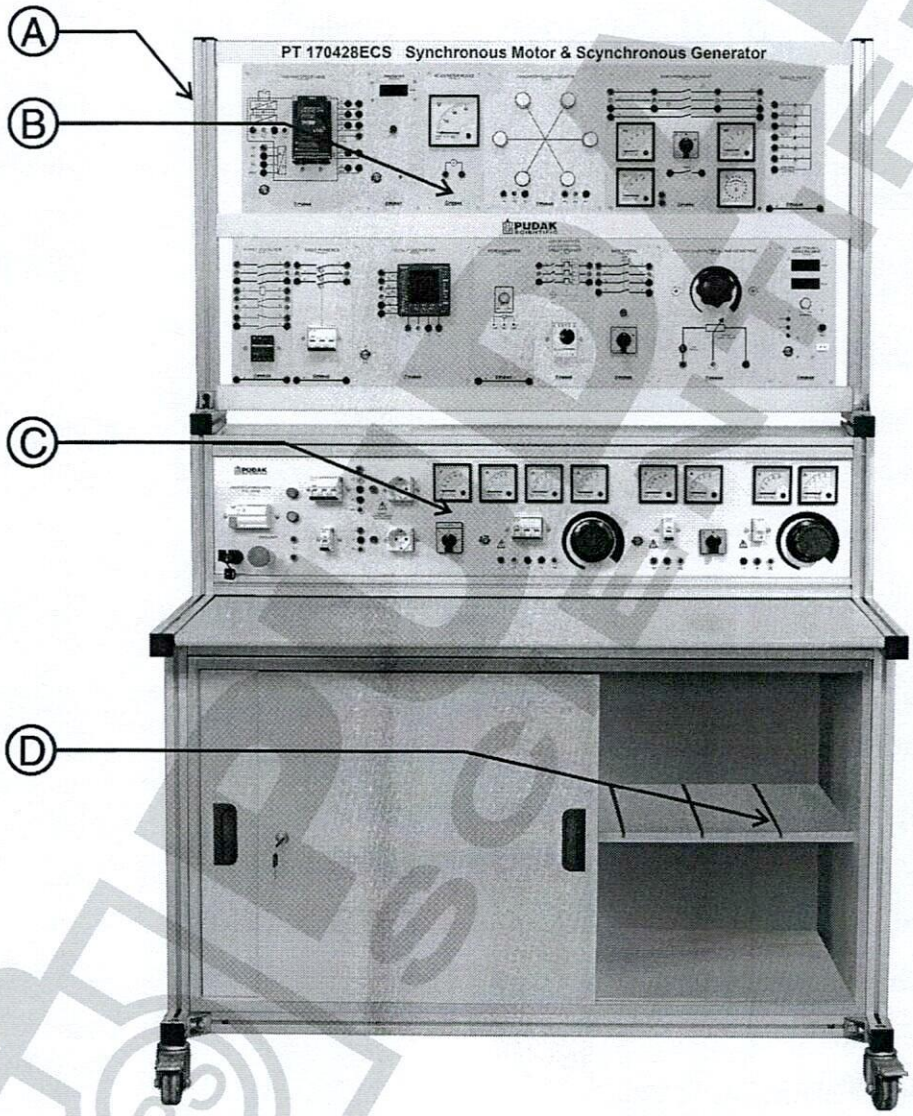
Nomenklatur/Keterangan Alat

A) Standar Kaki Rak bentuk "T"

B) Modul-modul

C) Panel Universal power supplai

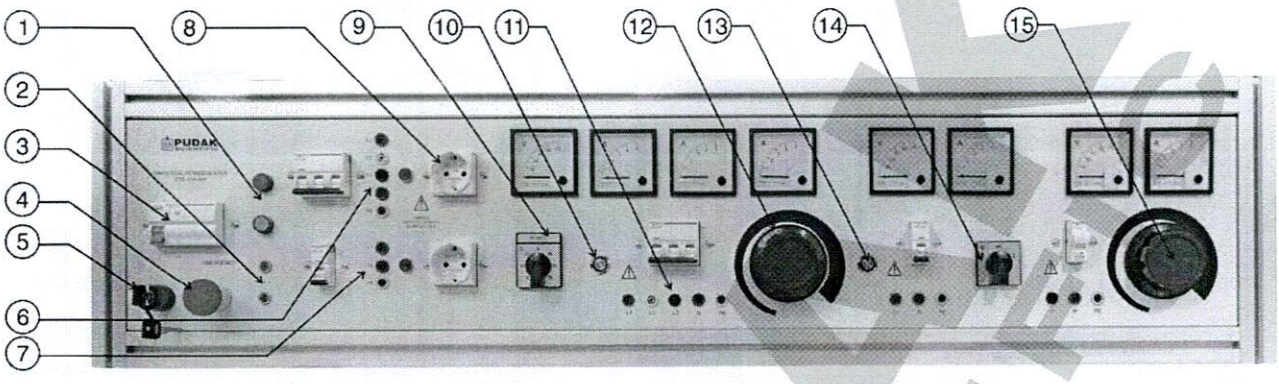
D) Rak penyimpanan modul-modul yang tidak digunakan



MODUL-MODUL SYNCHRONOUS MOTOR AND SYNCHRONOUS GENERATOR

MODUL-MODUL **KETERANGAN ALAT**

Universal Power PTE-154-001

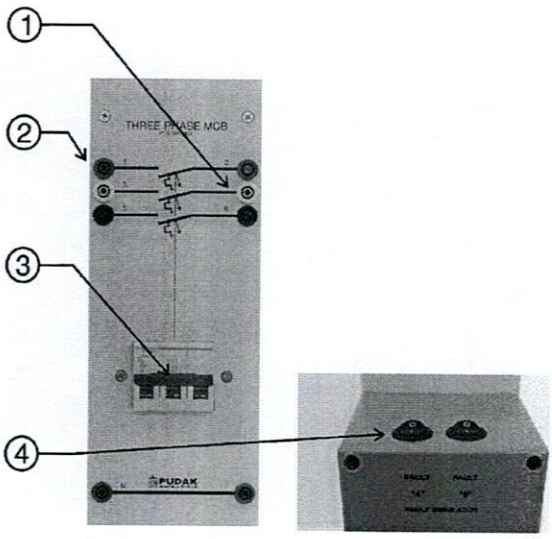


1) Lampu indikator stand-by dan saat berfungsi.
2) Terminal input dia. 4mm safety type untuk proteksi.
3) ELCB untuk proteksi arus bocor, proteksi dari tegangan sentuh langsung 30mA.
4) Tombol Emergency.
5) Key Switch digunakan untuk mengoperasikan panel power supplai.
6) Terminal output dia. 4mm safety type untuk sumber 3 fasa yang dilengkapi dengan proteksi beban lebih dan lampu indikator.
7) Terminal output dia. 4mm safety type untuk sumber 1 fasa yang dilengkapi dengan proteksi beban lebih dan lampu indikator.
8) Terminal output dia. 4mm safety type untuk sumber 1 fasa yang dilengkapi dengan proteksi beban lebih dan lampu indikator.
9) Sakelar pilih untuk pengukuran tegangan
10) Rocker switch untuk mengoperasikan variable 3 fasa
11) Terminal output dia. 4mm safety type untuk sumber variable 3 fasa yang dilengkapi dengan proteksi beban lebih.
12) Knop Variac 3 fasa untuk pengaturan tegangan 0 - 415 Line to line dan 240 line to neutral.
13) Rocker switch untuk mengoperasikan variable 1 fasa dan tegangan DC.
14) Sakelar pilih untuk memilih tegangan AC atau DC yang akan digunakan.
15) Knop Variac 1 fasa untuk pengaturan tegangan 0 - 240 1 fasa dan 0 - 250 VDC.

Fungsi:

Sebagai sumber tenaga listrik untuk saluran 1 fasa dan 3 fasa serta sumber tegangan DC variable, dilengkapi dengan sistem proteksi yang sesuai dengan K3 dan dilengkapi dengan lemari tempat penyimpanan modul-modul.

Three Phase MCB PTE-048-03A

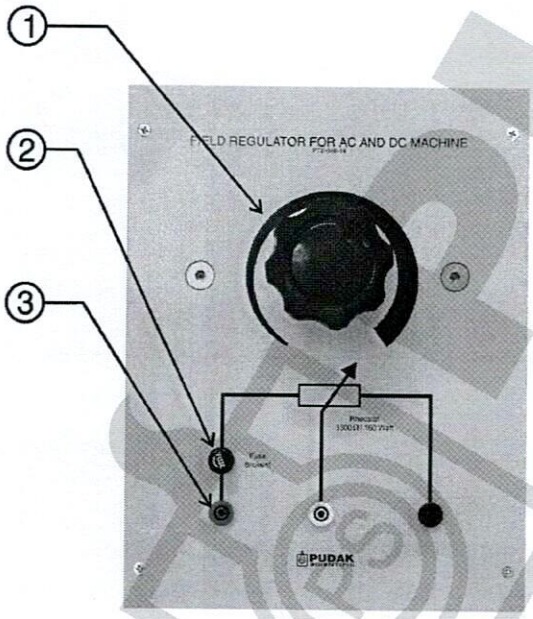


1) Terminal output dia. 4mm safety type.
2) Terminal input dia. 4mm safety type
3) Tuas MCB 3 fasa
4) Fault simulator saluran "4" dan "6"

Fungsi:

Memutus rangakaian listrik 3 fasa secara otomatis bila terjadi kelebihan beban atau hubung singkat. Prinsip kerja otomatis MCB dapat dibagi menjadi dua macam, yakni Magnet Tripping alias pemutusan hubungan arus listrik secara magnetik, dan thermal tripping atau pemutusan hubungan arus listrik secara thermal.

Field Regulator for AC and DC Machine PTE-046-08

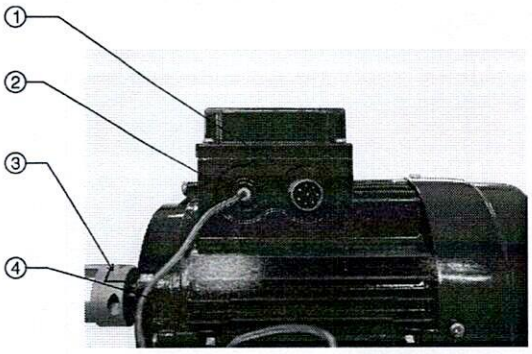


1) Knop Rheostat.
2) Fuse untuk proteksi
5) Terminal input/output dia. 4mm safety type

Fungsi:

Sebagai pembatas arus saat starting pada motor sinkron.

Brake machine PTE-046-10

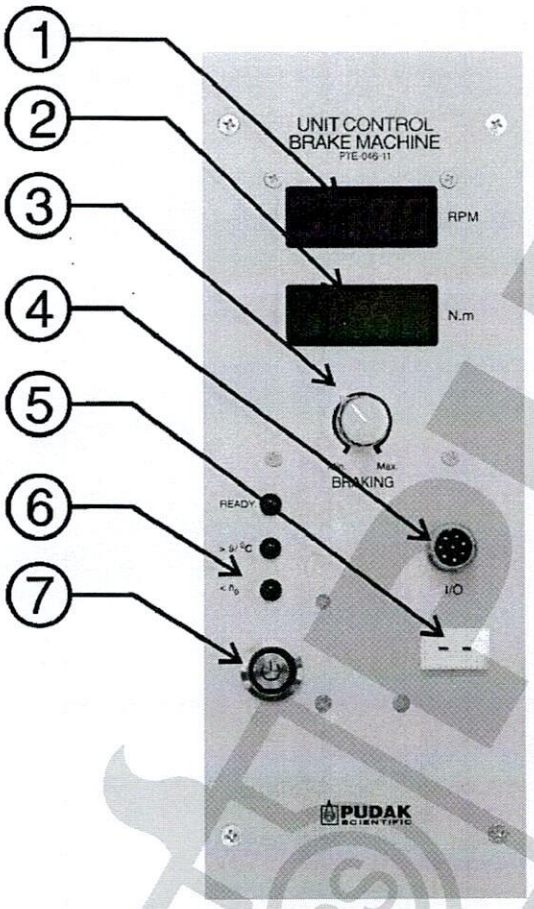


1) Terminal input dan output
2) Terminal sensor.
3) As motor
4) Casing motor brake

Fungsi:

Digunakan sebagai pengerem motor sinkron pada pengujian karakteristik motor dan motor brake juga dilengkapi dengan sensor temperatur, encoder dan kipas sebagai pendingin motor brake.

Unit Control Brake Machine PTE-046-11



1) Display RPM 0 - 9999
2) Display Torsi 0.1 - 5N.m
3) Potensiometer untuk kontrol Brake
4) Input/output terminal
5) Termina sensor temeratur
6) Indikator fungsi Unit Control Brake Machines.
7) Rocker switch untuk power supplai.

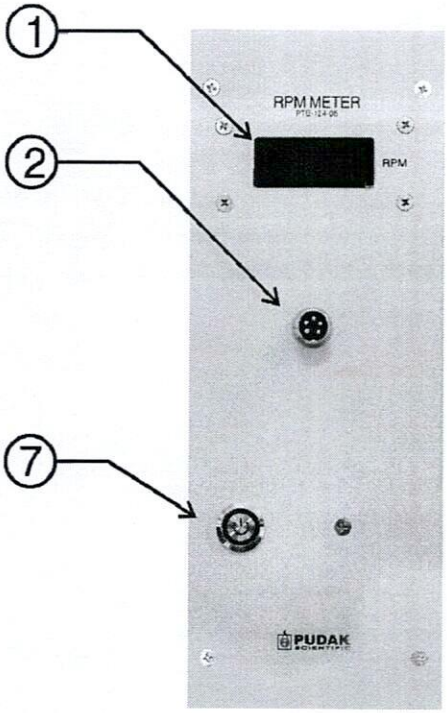
Fungsi

Sebagai tampilan besaran kecepatan (RPM) dan nilai torsi (N.m) yang terukur setelah motor direm dengan pengereman dikontrol lewat modul unit control brake machine.

Tampilan RPM : 0 - 9999 RPM

Torsi : 0 - 5 N.m

RPM Meter PTE-124-06



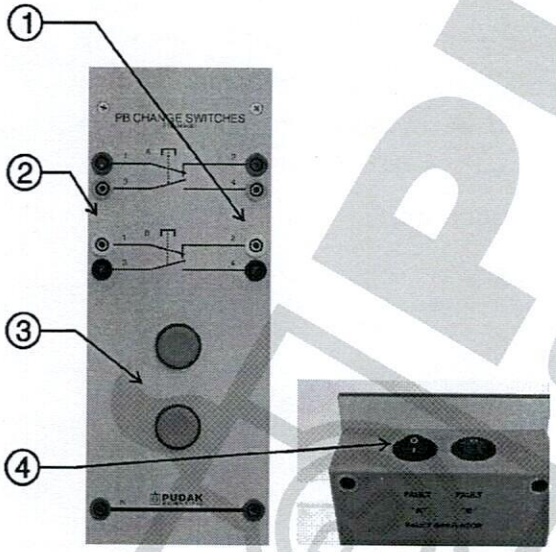
1) Display RPM 0 - 9999
2) Input/ output terminal
3) Rocker switch untuk power supplai.

Fungsi:

Sebagai tampilan besaran kecepatan (RPM)

Dengan nilai yang terukur 0 - 9999 RPM.

PB Change Switch PTE-048-07



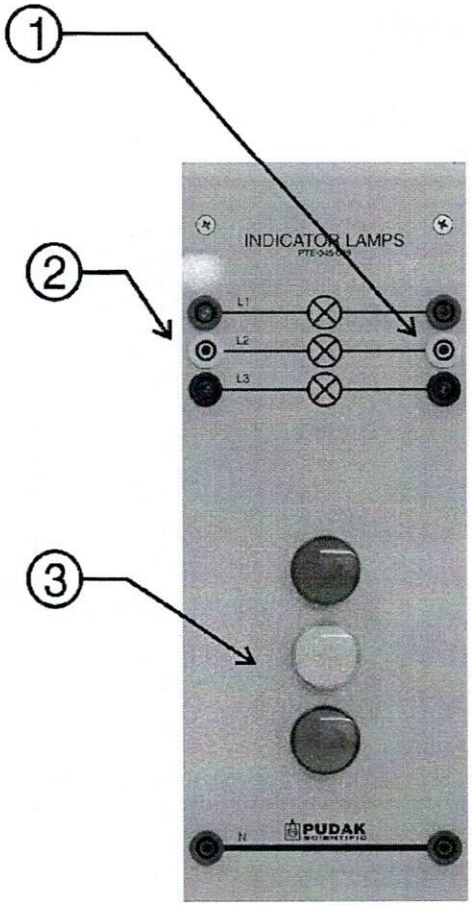
1) Terminal output dia. 4mm safety type.
2) Terminal input dia. 4mm safety type.
3) Komponen PB Change switch
4) Fault simulator di saluran "A" dan "B"

Fungsi:

untuk memutus dan menyambungkan aliran arus listrik ke perangkat lain sesaat, dengan kata lain memutus dan menyambung aliran arus ke perangkat lain selama tombol ditekan.

PUDAK SCIENTIFIC

Indicator lamps PTE-048-09



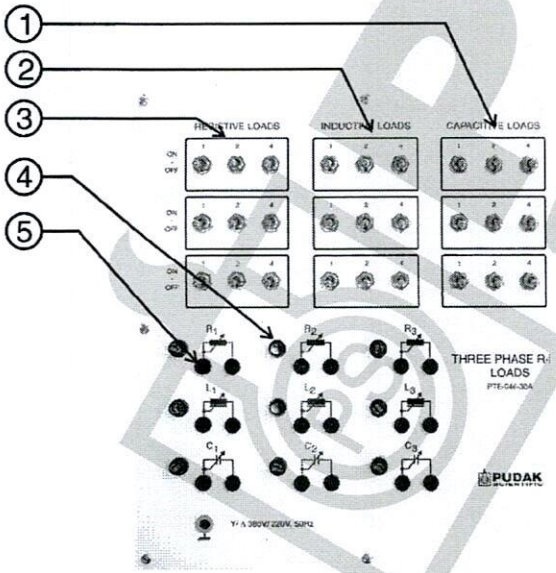
1) Terminal output dia. 4mm safety type.
2) Terminal input dia. 4mm safety type.
3) Komponen lampu.

Fungsi:

Lampu indikator untuk memberikan informasi ke pada manusia bahwa sistem bekerja.

Misalnya lampu warna merah untuk stop, hijau untuk start dan kuning untuk trip (gangguan).

Three Phase RLC Loads PTE-046-30A



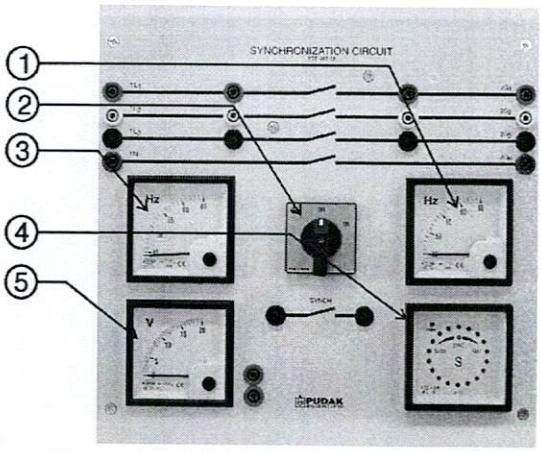
1) Toggle switch untuk capacitif load dengan 7 variable beban.
2) Toggle switch untuk induktif load dengan 7 variable beban.
3) Toggle switch untuk Resistif load dengan 7 variable beban.
4) Fuse untuk proteksi
5) Terminal input dia. 4mm safety type.

Fungsi:

Sebagai beban pada generator. Beban ini terdiri dari 3 type yaitu: Resistif, induktif dan kapasitif.

Rangkaian beban dapat digunakan pada sistem Bintang maupun Delta dan juga dapat di gunakan juga pada percobaan beban tidak seimbang.

Synchronization Circuit PTE-055-18

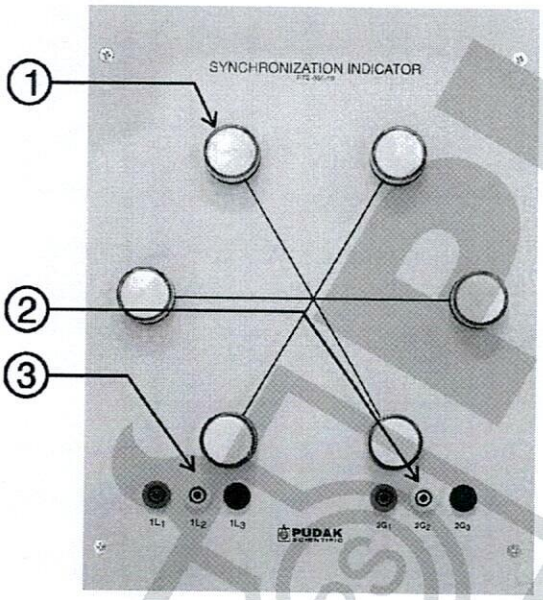


1) Panel meter frekuensi dari sisi Generator.
2) Sakelar yang digunakan secara manual saat terjadi synchronisasi.
3) Panel meter frekuensi dari sisi Jala-jala (PLN).
4) Panel meter Synchronouschop.
5) Panel voltmeter yang digunakan untuk mengukur tegangan saat antara fasa di kedua pembangkit sudah sefasa.

Fungsi:

Rangkaian untuk memperalelkan 2 pembangkit listrik dengan indikator yang digunakan yaitu: frekuensi harus sama, tegangan yang dibangkitkan harus sama, tegangan yang sefasa diantara kedua pembangkit sama dengan 0V.

Synchronization Indicator PTE-055-19

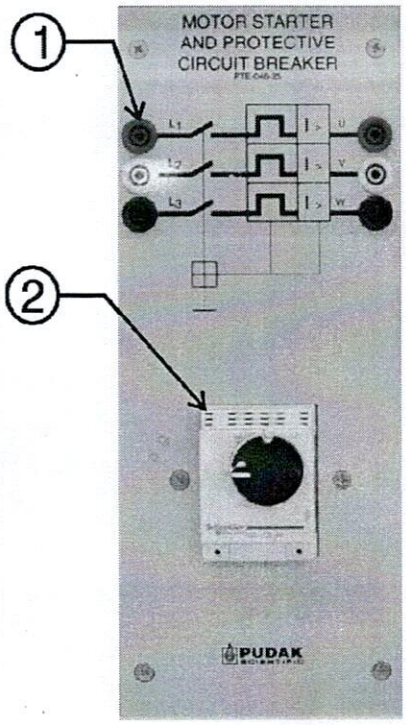


1) Lampu indikator yang masing-masing untuk fasa terhubung seri untuk 380V AC.
2) Terminal input dia. 4mm safety di sisi Generator.
3) Terminal input dia. 4mm safety di sisi Jala-jala (PLN).

Fungsi:

Lampu indikator yang masing-masing lampu terpasang seri untuk setiap fasa. Digunakan pada metode terang gelap pada percobaan sinkronisasi 2 pembangkit listrik yang akan digunakan kerja paralel.

Motor Starter and Protective Circuit Breaker PTE-046-25

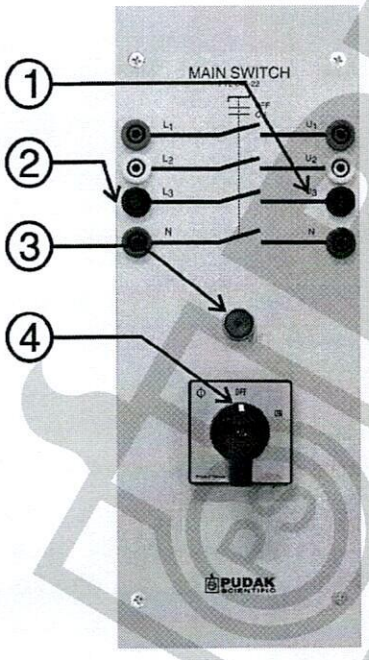


1) Terminal Input/output dia. 4mm safety type.
2) Komponen motor starter

Fungsi:

Memutus rangkaian jika terjadi beban lebih atau melebihi kapasitas dari yang sudah ditentukan.

Main Switch PTE-046-22

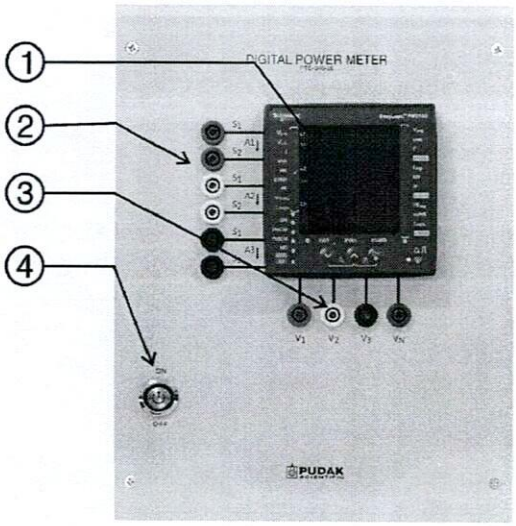


1) Terminal output dia. 4mm safety type.
2) Terminal input dia. 4mm safety type.
3) Lampu indikator dia. 10mm
4) Komponen sakelar pemutus 4 pole.

Fungsi:

Untuk memutus dan menghubungkan saluran 3 fasa.

Power Meter Digital PTE-046-28



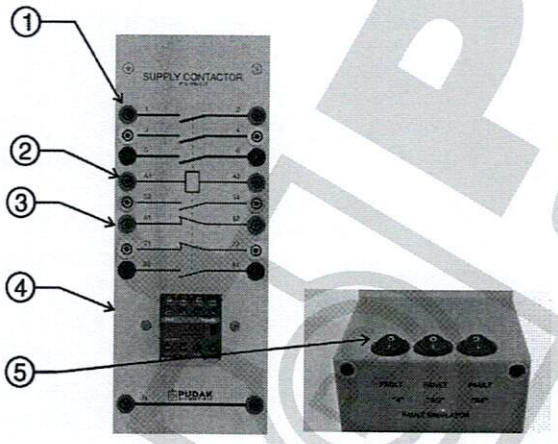
1) Displai panel meter digital
2) Terminal input dia. 4mm safety type untuk pengukuran arus
3) Terminal input dia. 4mm safety type untuk pengukuran tegangan
4) Rocker switch untuk power supplai.

Fungsi:

Instrument digital yang digunakan untuk mengukur arus, tegangan, daya aktif, daya reaktif dan faktor daya. Power meter digital ini juga dapat digunakan untuk mengukur saluran satu fasa dan tiga fasa serta pengukuran beban pada saat beban seimbang dan tidak seimbang.

(https://www.se.com/id/id/download/document/NHA2779002-01/)

Supply Contactor PTE-048-12



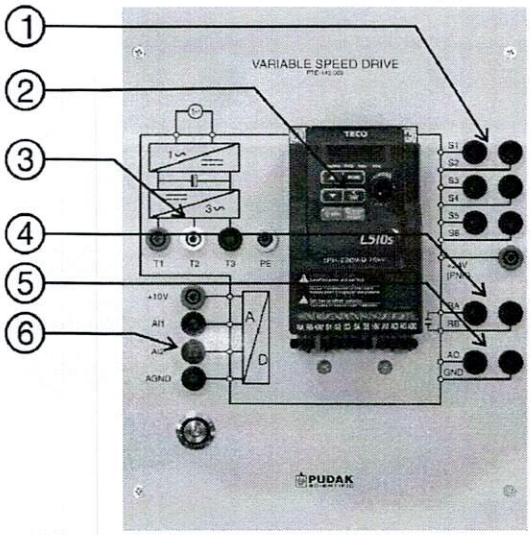
1) Terminal input/ output dia. 4mm safety type.
2) Terminal tegangan coil dia. 4mm safety type.
3) Terminal control dia. 4mm safety
4) Komponen kontaktor dan auxiliary kontak
5) Fault simulator di saluran "4", "A2" dan "54".

Fungsi:

Memutus dan menyambung arus listrik AC maupun DC dengan prinsip kerja elektromagnetik yang manarik katub-katub, dengan kata lain kondisi NO (Normali Open) berubah menjadi NC (Normali Close) dan kondisi NC berubah jadi NO.

Variable Speed Drive PTE-145-002

1) Terminal input/ output dia. 4mm safety type untuk kontrol eksternal digital

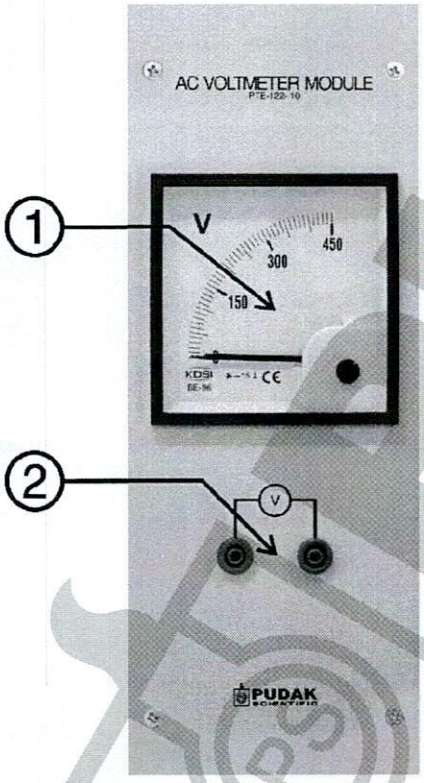


2) Panel kontrol internal.
3) Terminal output dia. 4mm safety type
4) Terminal output Relay dia. 4mm safety type
5) Terminal output Analog dia. 4mm safety type
6) Terminal kontrol eksternal Analog dia. 4mm safety type

Fungsi:

Mengatur kecepatan putar motor asinkron 3 fasa sesuai dengan aplikasi yang digunakan.

AC Voltmeter PTE-124-07



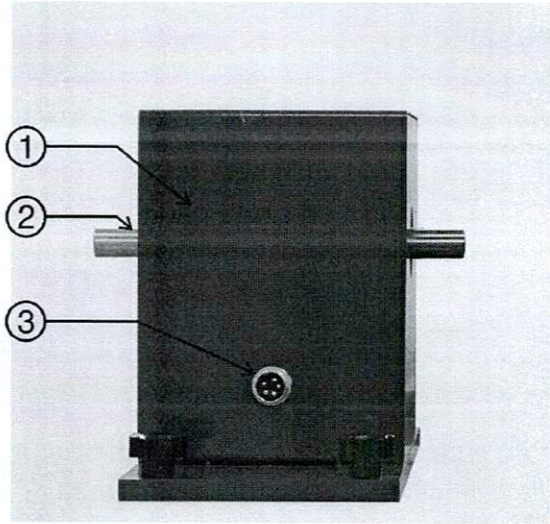
1) Panel meter voltmeter
2) Terminal input dia. 4mm safety type.

Fungsi:

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur besaran listrik, yaitu besarnya tegangan di suatu jaringan yang akan di ukur. Cara pegukuran tegangan pada beban, alat ukur ini dipasang secara paralel dengan beban.

Encoder PTE-052-33

1) Casing Encoder
2) As encoder

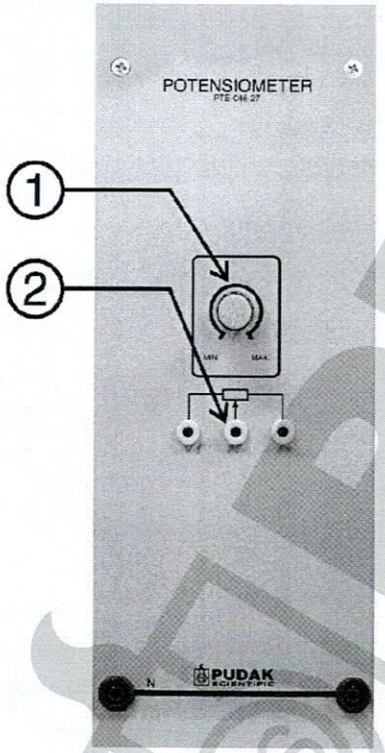


3) Terminal input/output dia. 4mm safety type.

Fungsi:

Untuk mendeteksi putaran motor dengan menggunakan sensor opto electronik.

Potensiometer PTE-048-27



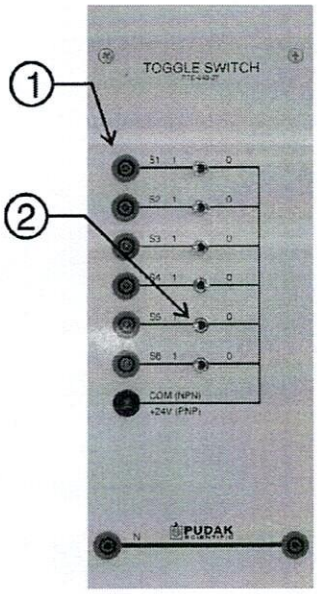
1) Knop untuk pemutar potensiometer.
2) Saluran input/output potensiometer.

Fungsi:

Sebagai pembagi tegangan kontrol eksternal analog pada Variable Speed Drive.

Toggle Switch PTE-048-37

1) Terminal Input/output dia. 4mm safety type.
2) Komponen toggle switch



Fungsi:

Memutus dan menyambungkan suatu rangkaian kontrol.

Kabel penghubung

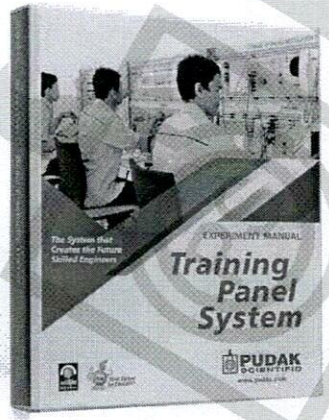
Fungsi:

Kabel penghung AC dan bersifat lebih fleksible.

Jumper

Fungsi:

Jumper penghung AC untuk menghubung kan modul-modul yang berdekatan



Buku Petunjuk Percobaan

PT 170428 ECS Synchronous Motor and Synchronous Generator.

Jenis Kertas : HVS

Ukuran Kertas : A4

Jumlah Halaman : 101 halaman

IV. Safety

Pada saat melaksanakan praktikum dengan menggunakan alat ini, hal-hal yang perlu diperhatikan:

1. Memasang dan melepaskan modul pada rak.
2. Pada Saat melakukan interkoneksi antar modul, pastikan power supply dalam keadaan padam.

V. Konfigurasi/Cara Pemasangan/Pengoperasian

Synchronous Motor and Synchronous Generator

1. Pasang kabel penghubung AC pada soket/terminal IEC pada Power Supply. Pastikan Saklar Power pada posisi OFF sebelum kabel dihubungkan ke tegangan jala-jala.
2. Pada saat pemasangan Modul-modul, Power harus ada dalam keadaan OFF. Baru pemasangan kabel-kabel penghubung.
3. Universal power supplai dilengkapi dengan sistem proteksi yang dikontrol lewat kelebihan temperatur pada motor yang diuji.
4. Perlu ketelitian dalam pemasangan kabel penghubung/jembatan penghubung pada catu-daya modul agar tegangan masuk ke modul tidak ada yang keliru atau terlewat.
5. Laksanakan percobaan sesuai langkah-langkah dalam buku panduan percobaan.

PUDAK SCIENTIFIC PS

Features

- The Basic Electricity Trainer is designed for covering the fundamental concept, theory and application of electricity with descriptive, easy to understand and extensive at the same.
- The trainer shows the standard symbol of the control function on the front panel.
- Assembly board provides the base for all circuits constructed with the plug-in system for electricity and electronics.
- The system is supplied with power supplies required to run the experiment.
- All inputs and outputs on each panel are equipped with connecting lead, and connecting cross 4-mm.
- Complete with comprehensive experiment manual book to guide student step by step in conducting experiments.

Basic Electricity Trainer

PT 961104

Covered Topics

- EE060001E DC Measurement Techniques
- EE060002E Ohm's Law
- EE060003E Resistance in Series and Voltage Divider
- EE060004E Parallel Resistance and Current Divider
- EE060005E The Wheatstone Bridge
- EE060006E Non-Linear Resistor
- EE060007E Series and Parallel Connection of Batteries
- EE060008E Series and Parallel Capacitors
- EE060009E Capacitor and Resistor in Series
- EE060010E Inductor in a DC Circuit
- EE060011E Transformation of Voltage and Current
- EE060012E Working Principle of a Relay
- EE060013E Effect of an AC Signal on a Resistance
- EE060014E Effect of an AC Signal on a Capacitor
- EE060015E Effect of an AC Signal on Inductance (Coil)
- EE060016E Series RLC Circuit and Series Resonance
- EE060017E Parallel RLC and Parallel Resonance
- EE060018E Effect of an AC Signal on Parallel RC Circuit
- EE060019E Effect of an AC Signal on Parallel RL Circuit
- EE060020E Series Compensation
- EE060021E Parallel Compensation
- EE060022E Half-Wave Rectifier
- EE060023E Full-Wave Rectifier
- EE060024E Three Phase Circuit

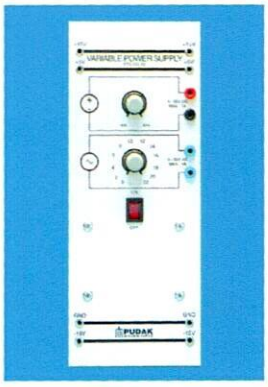
Specification

- **Power Supply [PTE-022-01]**
  - Supply voltage : Max. 230VAC, 1 phase 5Hz
  - Output : DC +5V / 1A; +15V/1A; GND; -15V/1A
  - Output connections : 4mm sockets
  - Dimensions : 114 x 297mm
- **Variable Power Supply [PTE-022-02]**
  - Supply voltage : Max. 230VAC
  - Output : 0 – 20VDC
    : 0, 2, 4 , 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22VAC
  - Current : 1A
  - Output connections : 4mm sockets
  - Dimensions : 114 x 297mm
- **Three Phase Transformer [PTE-022-03]**
  - Input voltage : Max. 3x (0-230) VAC L-N
  - Output voltage : 0 – 9VAC
  - Current : 300mA
  - Output connections : 4mm sockets
  - Dimensions : 114 x 297mm
- **Container Box I [PTE-022-04]**, consist of:
  SPST Toggle Switch, Resistor, LDR, Capacitor, Diode, Diode Zener, Lamp Neon, Incandescent Lamp 3V + Lamp Holder E10, Incandescent Lamp 6V + Lamp Holder E10, SPDT Toggle Switch, Potentiometer
- **Container Box II [PTE-022-05]**, consist of:
  1.5 Battery Holder + Battery 1.5V, 9V Battery Holder + Battery 9V, Adapter Amperemeter, Coil 500 Turns, Coil 1000 Turns, U and I core, Contact Plate, PTC, NTC, Magnet Bar
- **Basic Meter [KAL 41]**
  For use measurement voltage and current, DC only. Equipped with sliding switch to change function, voltage or current meter. Voltage range: 100mV — 1V — 10V and 50V. Current range: 100μA — 100mA — 1A and 5A. Internal resistance approx. 1100Ω. Class accuracy 2.5% on full deflection. 4mm screwed sockets. Total dimension: 165 × 115 × 55mm
- **Assembly Board for TPS Panel [GSE 110]**
  Mountable to standard frame, used to assembly the experiment circuit from modular component. 24 socket grids with 24 conducting squares and 216 sockets,6 socket grids with 36 sockets, 2 conducting path with 18 sockets, each dimensions: 297 × 300mm

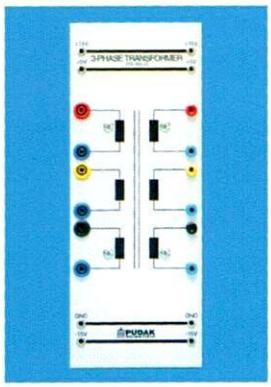
For further detail information, please contact us at
Jl. Pudak No. 4, Bandung 40113, West Java - Indonesia | Phone : +62 22 723 1046 | Fax.: +62 22 720 7252 | E-mail : contact@pudak.com | Website: www.pudak.com

PT 961104 Basic Electricity Trainer
consists of

Cat. No.	Description	Qty
PTE-022-01	Power Supply	1 pc
PTE-022-02	Variable Power Supply	1 pc
PTE-022-03	Three Phase Transformer	1 pc
PTE-022-04	Container Box I, consist of:	1 set
FLS 20.04/101	SPST Toggle Switch	1 pc
PEO 341 03	Resistor 3.3Ω, 2W	1 pc
PEO 339 03	Resistor 10Ω, 0.5W	2 pcs
PEO 339 07	Resistor 47Ω, 0.5W	1 pc
PEO 339 09	Resistor 68Ω, 0.5W	1 pc
PEO 339 10	Resistor 100Ω, 0.5W	2 pcs
PEO 339 11	Resistor 150Ω, 0.5W	1 pc
PEO 339 12	Resistor 220Ω, 0.5W	1 pc
PEO 339 13	Resistor 270Ω, 0.5W	1 pc
PEO 339 14	Resistor 330Ω, 0.5W	1 pc
PEO 339 16	Resistor 470Ω, 0.5W	1 pc
PEO 339 17	Resistor 560Ω, 0.5W	1 pc
PEO 342 11	***Resistor 220Ω,*** 2W	1 pc
PEO 339 19	Resistor 1kΩ, 0.5W	2 pcs
PEO 339 20	Resistor 1.5kΩ, 0.5W	1 pc
PEO 339 23	Resistor 4.7kΩ, 0.5W	1 pc
PEO 339 36	Resistor 100kΩ, 0.5W	1 pc
FET 23.05	LDR	1 pc
PEO 411 02	Capacitor Non Polar 100nF	1 pc
PEO 411 03	Capacitor Non Polar 470nF	1 pc
PEO 412 01	Capacitor Tantalum 1μF, 35V	1 pc
FET 23.02/001	Capacitor Electrolyte 1μF, 35V	1 pc
PEO 396 11	Capacitor Electrolyte 2.2μF, 35V	1 pc
PEO 396 09	Capacitor Electrolyte 10μF, 35V	1 pc
PEO 396 10	Capacitor Electrolyte 100μF, 35V	3 pcs
PEO 360 11	Diode 1N60	1 pc
FET 23.01	Diode 1N4002	4 pcs
PEO 365 03	Diode Zener, 5V, 0.25W	1 pc
FET 23.04	Lamp Neon 60V, 1W	1 pc
PEO 120 02	Incandescent Lamp 3V + Lamp Holder E10	2 pcs
PEO 120 03	Incandescent Lamp 6V + Lamp Holder E10	1 pc
PEO 530 03	SPDT Toggle Switch	1 pc
FLS 20.08/101	Potentiometer 1kΩ, 0.25W	1 pc
PTE-022-05	Container Box II, consist of:	1 set
PEO 396 20	Capacitor Electrolyte 2200μF/35V	1 pc
FLS 20.31/27	Battery Holder 1.5V	2 pcs
GSE 220	Battery 1.5V	2 pcs
GSE 221 02	Battery Holder 9V	1 pc
GSE 220 04	Battery 9V	1 pc
PEL 222	Adapter Amperemeter	3 pcs
FEM 21.01/500	Coil 500 turns	1 pc
FEM 21.01/102	Coil 1000 turns	1 pc
FEM 21.00	U and I Core	1 pc
FLS 20.13/111	Contact Plate	1 pc
PEO 500 02	PTC	1 pc
PEO 500 01	NTC	1 pc
FLS 20.14/112	Bar Magnet	1 pc
KAL 41	Basic Meter	2 pcs
GSE 110	Assembly Board for TPS Panel	1 pc
KAL 99/40-030	Connecting Leads 30cm, Yellow	10 pcs
KAL 99/30-050	Connecting Leads 50cm, Blue	5 pcs
KAL 99/10-050	Connecting Leads 50cm, Black	5 pcs
KAL 99/20-050	Connecting Leads 50cm, Red	5 pcs
FLS 20.02/097	Connecting Cross	40 pcs
E06S-01E	Experiment Manual Book	1 pc
GSN 240	TPS Frame 600mm	1 set



Variable Power Supply
PTE-022-02



Three Phase Transformer
PTE-022-03

Container Box I
PTE-022-04

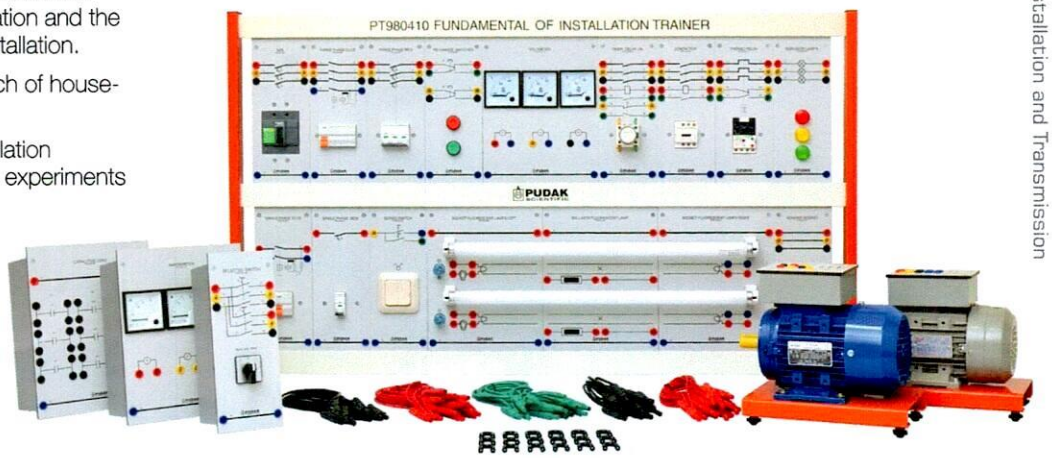
Container Box II
PTE-022-05

Specifications and illustrations are subject to change without prior notice

PUDAK SCIENTIFIC
For further detail information, please contact us at
Jl. Pudak No. 4, Bandung 40113, West Java - Indonesia | Phone : +62 22 723 1046 | Fax.: +62 22 720 7252 | E-mail : contact@pudak.com | Website: www.pudak.com

Fundamental of Installation Trainer

PT 980410



Features

- The trainer is designed to provide student with a good foundation in electrical installation technology.
- The system consists of several modules which are suitable to study the electrical measurement, electrical installation and the troubleshooting of electrical installation.
- The trainer can be used to teach of house-hold and industrial installation.
- The electrical control and installation technology are able to perform experiments such as:
  - Electrical Measurement
  - Basic Electrical Control
  - Electrical Installation
  - Power Factor Correction
  - Installation Troubleshooting.
- All inputs and outputs on each panel are equipped with safety socket and safety connecting cross 4-mm.
- Complete with comprehensive experiment manual book to guide student step by step in conducting experiments.

Covered Topics

- LE04001E Lamp Connection with Single Switch
- LE04002E Lamp Connection with Single Switch and Schuko Socket
- LE04003E Two Lamps Connection with Series Switch and Schuko Socket
- LE04004E Two Way Switching (One Lamp with Change-Over Switch)
- LE04005E Power Factor Correction for Fluorescent Lamp Circuit
- LE04006E Control System Using Magnetic Switch
- LE04007E Control System Using Magnetic with Over Load Protection
- LE04008E Control System Using Magnetic Switch Operated More than One Control Point
- LE04009E Jogging/ Inching Control
- LE04010E Clockwise and Counter Clockwise System Control
- LE04011E Time-Delayed Lighting
- LE04012E Contactor Circuit with Time Delay Relay
- LE04013E Star-Delta Circuit
- LE04014E Sequential Circuit with Two Contactors
- LE04015E Speed Control for Three Phase Induction Motor
- LE04016E One Phase Motor with Magnetic Contactor
- LE04017E Clockwise and Counter Clockwise System Control with Cam Switch

Specification

- **Three Phase Source [PTE-045-000]**
  Main source voltage 230/ 380 VAC, load maximum 10A
- **NFB [PTE-045-001]**
  3 main contact, switch load maximum 15A/15kA, and nominal voltage 380VAC
- **Three Phase ELCB [PTE-045-002]**
  4 main contacts, 3 for line /fase and 1 for neutral, switch maximum load 25A, nominal voltage 220VAC and fault circuit breaker 30mA
- **Three Phase MCB [PTE-045-003]**
  3 main contacts and switch load maximum 6A / 400VAC, complete with fault simulator for L2 and L3 line on the cover panel.
- **Contactor [PTE-045-004]**
  3 Main contact and 1 contact control NO, switch load maximum 25A / 380VAC, nominal voltage 220VAC / 50Hz, complete with fault simulator for L1, L2 line and contact coil on the cover panel.
- **Timer Delay-ON [PTE-045-005]**
  Time Delay setting range: 0.1 – 30 s, 3 main contacts and 3 control contacts, 2 NO, 1 NC, switch load maximum 10A / 380VAC, nominal operating voltage 220VAC / 50Hz, complete with fault simulator for L2 line, contact coil and auxiliary contact NO on the cover panel.
- **Selected Switch [PTE-045-006]**
  3 main contacts input, and 6 main contacts output, switch load maximum 3A / 220VAC
- **Push-Button Change Switches [PTE-045-007]**
  2 unit push-button, 2 NC contacts and 2 NO contacts, switch load maximum 10A / 250VAC, complete with fault simulator on the cover panel.
- **Change-Over Switch [PTE-045-008]**
  Flush mounting type 10A / 250VAC, complete with fault simulator for NC/NO contact on the cover panel.
- **Indicator Lamps [PTE-045-009]**
  3 Lamp Indicator, lamp covers colors; red, yellow, green. Nominal voltage 220VAC
- **Lamp Socket [PTE-045-010]**
  Nominal voltage 3A / 250VAC
- **Single Phase MCB [PTE-045-011]**
  1 main contact and switch load maximum 6A / 400VAC

Continue >>

Training Panel System

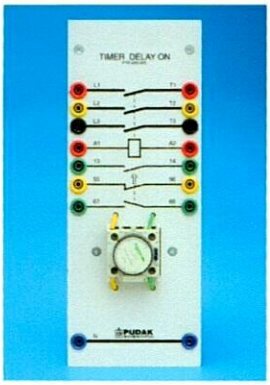
>> *Specification Continued*

- **Single Phase AC Machine / Motor [PTE-045-012]**
  Rating for machine operation, power 0.5 HP, nominal voltage 220VAC, 4 pole, frequency 50 Hz, Speed 1450 RPM
- **Supply Contactor [PTE-045-013]**
  3 Main contact and 4 control contact, 2 N0 and 2 NC, switch load maximum 25A / 380V, nominal voltage 220VAC / 50Hz, complete with fault simulator for L2 line, contact coil and auxiliary NO contact on the cover panel.
- **Thermo Relay [PTE-045-014]**
  3 pole, with overload trip with single phase, setting range: 1- 1.6A, 2 pole auxiliary contacts: 1 NC, 1 NO, complete with fault simulator for L1 line and NC/ NO contact on the cover panel.
- **Single Switch [PTE-045-015]**
  Flush mounting type 10A / 250VAC, complete with fault simulator on the cover panel.
- **Series Switch [PTE-045-016]**
  Flush mounting type 10A / 250VAC, complete with fault simulator on the cover panel.
- **Schuko Socket [PTE-045-017]**
  Flush mounting type 250V/16A AC, 2 – pole with 1 earthen contact
- **Voltmeter [PTE-045-018]**
  3 instrument analog AC Voltmeter rectifier type range: 0 - 450V, class 1.5
- **Amperemeter [PTE-045-019]**
  3 instrument analog AC Amperemeter rectifier type range: 0 – 5A AC, class 1.5.
- **Single Phase ELCB [PTE-045-020]**
  2 main contact, 1 for line / fase and 1 for neutral, switch load maximum: 25A, nominal voltage 220VAC, faulty current circuit breaker 30mA
- **Three Phase Squirrel Cage AC Machine / Motor [PTE-045-021]**
  Rating: power 3/4 HP, voltage 220 / 380VAC Y / Δ, 1450 RPM, frequency 50Hz.
- **Socket Fluorescent Lamps Left [PTE-045-022]**
  Maximum voltage 220 - 250VAC, 50Hz, maximum current: 3A, Starter + Socket; 20-40W
- **Ballast Fluorescent Lamps [PTE-045-023]**
  Maximum voltage 220 -250VAC, 50Hz, maximum current 3A, 20/40 Watt
- **Socket Fluorescent Lamps Right [PTE-045-024]**
  Maximum voltage 220 -250VAC, 50Hz, maximum current: 3A
- **Capacitive Load [PTE-045-025]**
  Maximum voltage 400VAC, capacitor 3 × 1μF ; 3 × 2μF ; 3 × 4μF

Single Phase AC Machine
PTE-045-012

Three Phase Squirrel Cage AC Machine
PTE-045-021

NFB
PTE-045-001



Timer Delay-ON
PTE-045-005

PT 980410 Fundamental And Installation Trainer consists of

Cat. No.	Description	Qty.
PTE-045-001	NFB	1 pc
PTE-045-002	Three Phase ELCB	1 pc
PTE-045-003	Three Phase MCB	1 pc
PTE-045-004	Contactor	1 pc
PTE-045-005	Timer Delay-ON	1 pc
PTE-045-006	Selected Switch	1 pc
PTE-045-007	Push-Button Change Switches	2 pcs
PTE-045-008	Change-Over Switch	2 pcs
PTE-045-009	Indicator Lamps	1 pc
PTE-045-010	Lamp Socket	2 pcs
PTE-045-011	Single Phase MCB	1 pc
PTE-045-012	Single Phase AC Machine	1 pc
PTE-045-013	Supply Contactor	3 pcs
PTE-045-014	Thermo Relay	1 pc
PTE-045-015	Single Switch	2 pcs
PTE-045-016	Series Switch	1 pc
PTE-045-017	Schuko Socket	1 pc
PTE-045-018	Voltmeter	1 pc
PTE-045-019	Amperemeter	1 pc

>>

>>

Cat. No.	Description	Qty.
PTE-045-020	Single Phase ELCB	1 pc
PTE-045-021	Three Phase Squirrel Cage AC Machine	1 pc
PTE-045-022	Socket Fluorescent Lamps Left	1 pc
PTE-045-023	Ballast Fluorescent Lamps	1 pc
PTE-045-024	Socket Fluorescent Lamps Right	1 pc
PTE-045-025	Capacitive Load	1 pc
PEO 101	Incandescent Lamp 230 VAC/40W	2 pcs
PEO 102	Fluorescent Lamp 230VAC/20W	2 pcs
GSE 233 02	Safety Connecting Lead 100cm, Red	12 pcs
GSE 233 04	Safety Connecting Lead 100cm, Yellow	10 pcs
GSE 233 03	Safety Connecting Lead 100cm, Blue	12 pcs
GSE 233 01	Safety Connecting Lead 100cm, Black	10 pcs
GSE 232 05	Safety Connecting Lead 50cm, Green	15 pcs
GSE 232 02	Safety Connecting Lead 50cm, Red	15 pcs
GSE 232 01	Safety Connecting Lead 50cm, Black	10 pcs
GSE 231 02	Safety Connecting Lead 30cm, Red	15 pcs
GSE 231 01	Safety Connecting Lead 30cm, Black	12 pcs
GSE 235	Safety Connecting Cross	50 pcs
L04S-01E	Experiment Manual Book	1 pc
GSN 245	TPS Frame 1200mm	1 set

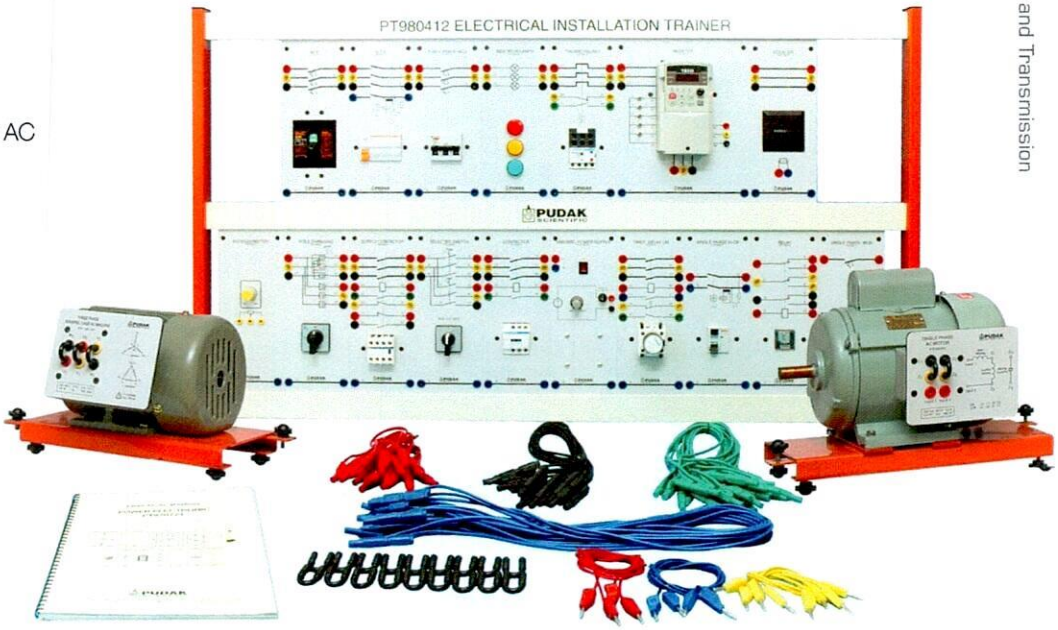
Specifications and illustrations are subject to change without prior notice

Features

- The trainer is designed to provide student with a good foundation in electrical installation.
- The trainer can be used to teach household and industrial electrical installations.
- The electrical installation is able to perform experiments such as:
  - Electrical Measurement
  - Basic Electrical Control
  - Electrical Installation
  - Power Factor Correction
- The brake system of three phase AC machine.
- Controlling speed of three phase AC machine with Inverter.
- All inputs and outputs on each panel are equipped with safety socket and safety connecting cross 4-mm.
- Complete with comprehensive experiment manual book to guide student step by step in conducting experiments.

Electrical Installation Trainer

PT 980412



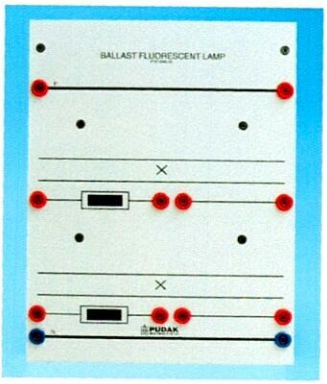
Covered Topics

- LE07001E Lamp Connection with Single Switch
- LE07002E Lamp Connection with Single Switch and Socket
- LE07003E Two Lamps Connection with Series Switch and Socket
- LE07004E Two Way Switching (One Lamp with Change-Over Switch)
- LE07005E One Lamp with Change-Over Switch and Intermediate Switch
- LE07006E Power Factor Correction for Fluorescent Lamp Circuit
- LE07007E Time-Delayed Lighting
- LE07008E Clockwise and Counter Clockwise System Control with a Switch
- LE07009E Speed Control of Three Phase Induction Motor Dual Speed with Cam Switch
- LE07010E Control System Using Magnetic Switch for Single Phase AC Machine
- LE07011E Control System Using Magnetic with Over Load Protection
- LE07012E Clockwise and Counter Clockwise System Control with Magnetic Switch
- LE07013E Jogging/Inching Control Completed with Counter
- LE07014E Star-Delta Circuit

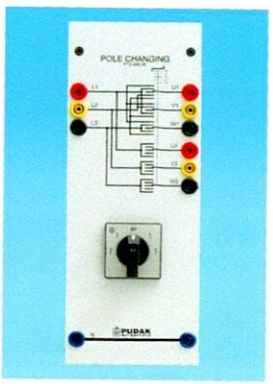
>>

>>

- LE07015E Speed Control of Three Phase Induction Motor Dual Speed with Magnetic Switch
- LE07016E The Brake System of Three Phase AC Machine
- LE07017E Speed Control of Three Phase AC Machine with Inverter



Ballast Fluorescent Lamps
PTE-048-22



Pole Changing
PTE-048-25

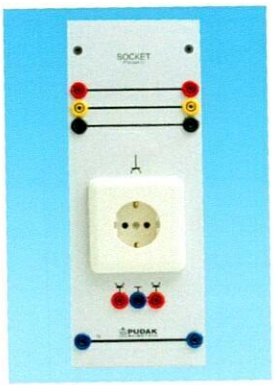
For further details or information please contact us at
Jl. Pudak No. 4, Bandung 40113, West Java - Indonesia | Phone : +62 22 723 1046 | Fax.: +62 22 720 7252 | E-mail : contact@pudak.com | Website: www.pudak.com

PUDAK SCIENTIFIC

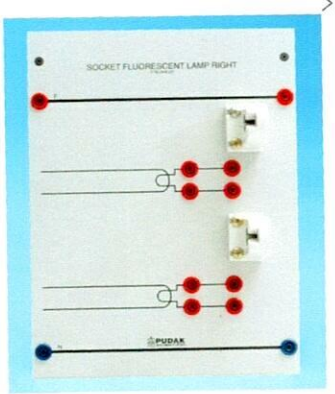
Specification

- **Three Phase Source [PTE-048-00]**
  Main source voltage 230/ 380 VAC, load maximum 10A.
- **Three-Phase NFB [PTE-048-01]**
  3 main contact, switch load maximum 15A / 15kA, and nominal voltage 380VAC
- **Three-Phase ELCB [PTE-048-02]**
  4 main contacts, 3 for line and 1 for neutral, switch maximum load 25A, nominal voltage 220VAC and fault circuit breaker 30mA
- **Three Phase MCB [PTE-048-03]**
  3 main contacts and switch load maximum 6A / 400VAC, complete with fault simulator for L2 and L3 line on the cover panel.
- **Contactor [PTE-048-04]**
  3 Main contact and 1 contact control NO, switch load maximum 25A / 380VAC, coil voltage 220VAC / 50Hz, complete with fault simulator for L1, L2 line and contact coil on the cover panel.
- **Timer Delay-ON [PTE-048-05]**
  Time Delay setting range: 0.1 – 30 ms, 3 main contacts and 3 control contacts, 2 NO, 1 NC, switch load maximum10A / 380VAC, nominal operating voltage 220VAC / 50Hz, complete with fault simulator for L2 line, contact coil and auxiliary contact NO on the cover panel.
- **Selected Switch [PTE-048-06]**
  3 main contacts input, and 6 main contacts output, switch load maximum 3A / 220VAC
- **Push-Button Change Switches [PTE-048-07]**
  2 unit push-button, 2 NC contacts and 2 NO contacts, switch load maximum 250VAC / 10A
- **Change-Over Switch [PTE-048-08]**
  Flush mounting type 250VAC / 10A
- **Indicator Lamps [PTE-048-09]**
  3 Lamp Indicator, lamp covers colors; red, yellow, green. Nominal voltage 220VAC
- **Lamp Socket [PTE-048-10]**
  Nominal voltage 3A / 250VAC

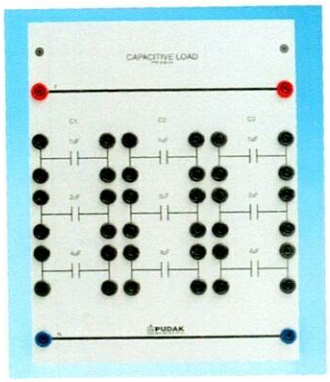
>>



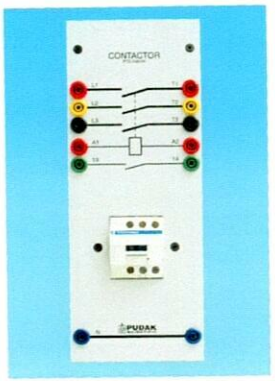
Schuko Socket
PTE-048-17



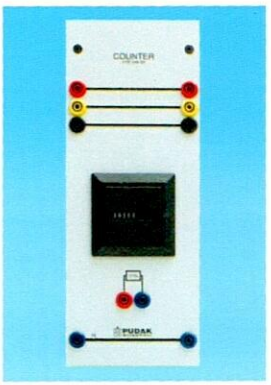
Socket Fluorescent Lamps Right
PTE-048-23



Capacitive Load
PTE-048-24

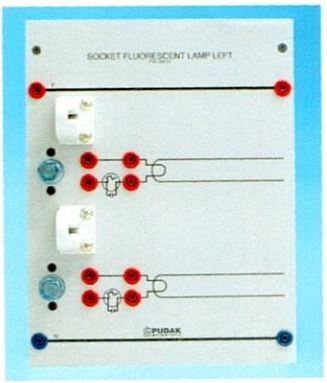


Contactor
PTE-048-04

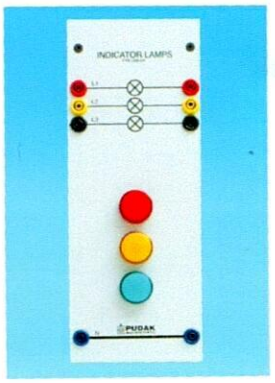


Counter
PTE-048-29

Inverter
PTE-048-30



Socket Fluorescent Lamps Left
PTE-048-21



Indicator Lamps
PTE-048-09

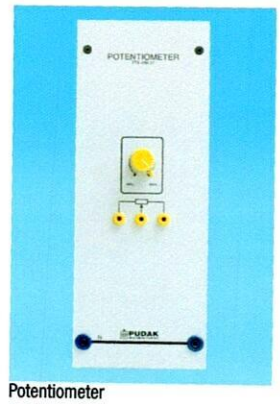
>>

- **Single Phase MCB [PTE-048-11]**
  1 main contact and switch load maximum 6A / 400VAC
- **Supply Contactor [PTE-048-12]**
  3 Main contact and 4 control contact, 2 N0 and 2 NC, switch load maximum 25A / 380V, coil voltage 220VAC / 50Hz, complete with fault simulator for L2 line, contact coil and auxiliary NO contact on the cover panel.
- **Thermo Relay I [PTE-048-13]**
  3 pole, with overload trip with single phase, setting range: 0.63 – 1A, auxiliary contacts: 1 NC, 1 NO, complete with fault simulator for L1 line and NC/ NO contact on the cover panel.
- **Thermo Relay II [PTE-048-14]**
  3 pole, with overload trip with single phase, setting range: 2.5 – 4A, auxiliary contacts: 1 NC, 1 NO, complete with fault simulator for L1 line and NC/ NO contact on the cover panel.
- **Single Switch [PTE-048-15]**
  Flush mounting type 250VAC / 10A, complete with fault simulator on the cover panel.
- **Series Switch [PTE-048-16]**
  Flush mounting type 250VAC / 10A, complete with fault simulator on the cover panel.

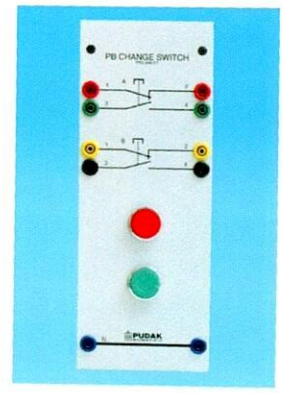
Continue >>

>> *Specification Continued*

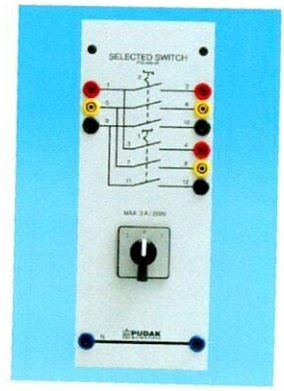
- **Schuko Socket [PTE-048-17]**
  Flush mounting type 250V / 16A AC, 2 – pole with earthen contact
- **Voltmeter [PTE-048-18]**
  3 instrument analog AC Voltmeter rectifier type
  range: 0 - 450V, class 1.5
- **Amperemeter [PTE-048-019]**
  3 instrument analog AC Amperemeter rectifier type
  range: 0 – 5A, class 1.5
- **Single Phase ELCB [PTE-048-20]**
  2 main contact for line and neutral, switch load maximum: 25A, nominal voltage 220VAC, faulty current circuit breaker 30mA
- **Socket Fluorescent Lamps Left [PTE-048-21]**
  Voltage max: 220 -250VAC, Current max : 3A, Starter + Socket: 20 - 40W
- **Ballast Fluorescent Lamps [PTE-048-22]**
  Voltage max: 220 -250VAC, 50Hz, 20/40W
- **Socket Fluorescent Lamps Right [PTE-048-23]**
  Voltage max: 220 -250VAC, Current max : 3A
- **Capacitive Load [PTE-048-24]**
  - Voltage max : 400VAC
  - Capacitor : 3x1μF; 3x2μF ; 3x4μF
- **Pole Changing [PTE-048-25]**
  Max. current:10A, 400V, Switch position "2 - 1 - 0 - 1 - 2"
- **Variabel Power Supply [PTE-048-26]**
  Max. current 1A. Output voltage: 0 - 20VDC
- **Potentiometer [PTE-048-27]**
  Potentiometer 5KΩ/0.25W
  Adjustable Potentiometer with pointer knob
- **Relay [PTE-048-28]**
  Max. current: 10A, 250V, 3 contact "NC" and 3 contact "NO"
- **Counter [PTE-048-29]**
  Nominal voltage 220V
- **Inverter [PTE-048-30]**
  Nominal voltage 380V, Power 2HP
- **Intermediate Switch [PTE-048-31]**
  Flush mounting type 250VAC / 10A, complete with fault simulator on the cover panel.
- **Single phase ac Machine [PTE-048-32]**
  Motor asynchron, 0.5HP, 4 Pole, 50 Hz, 220VAC, 1450RPM
- **Three-Phase AC Machine 1 [PTE-048-33]**
  Motor asynchron, 1/4HP, 4 Pole, 50Hz, 220 / 380VAC, 1450RPM
- **Three-Phase AC Machine 2 [PTE-048-34]**
  Motor asynchron, 2HP, 4 Pole, 50Hz, 380 / 660VAC, 1450RPM
- **Three-Phase AC Machine Dual-Speed [PTE-048-35]**
  Motor asynchron, 1HP, 2/4 Pole, 50 Hz, 380 / 660 VAC, 1500 / 3000RPM



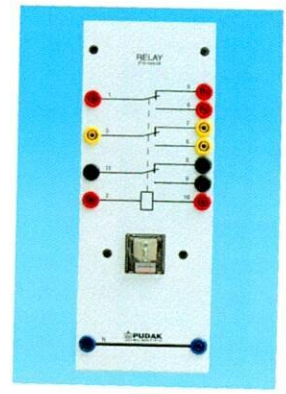
Potentiometer
PTE-048-27



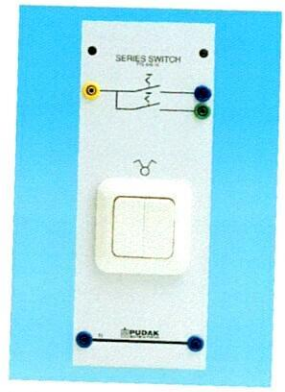
Push-Button Change Switch
PTE-048-07



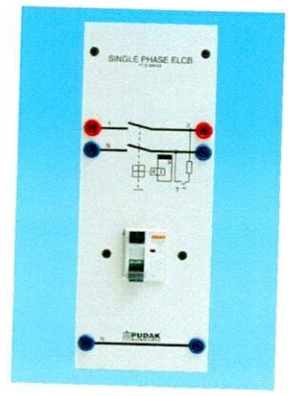
Selected Switch
PTE-048-06



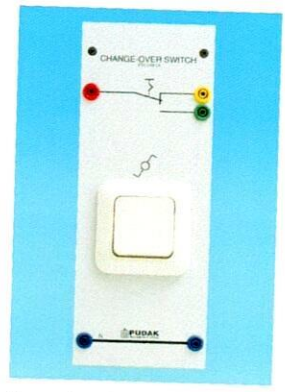
Relay
PTE-048-28



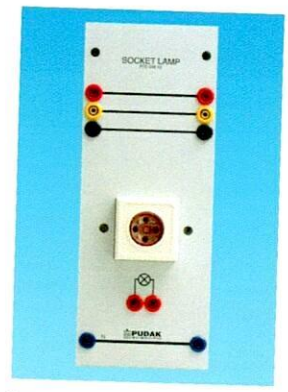
Series Switch
PTE-048-16



Single Phase ELCB
PTE-048-20



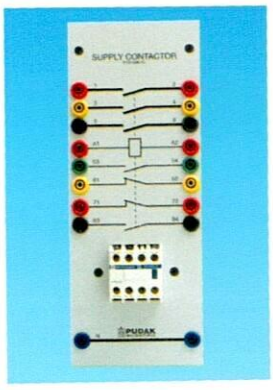
Change-Over Switch
PTE-048-08



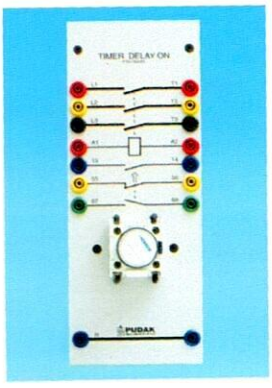
Lamp Socket
PTE-048-10

PT 980412 Electrical Installation Trainer
consists of

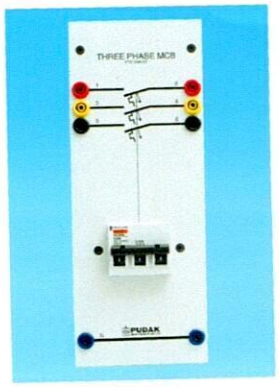
Cat. No.	Description	Qty.
PTE-048-01	Three-Phase NFB	1 pc
PTE-048-02	Three-Phase ELCB	1 pc
PTE-048-03	Three Phase MCB	1 pc
PTE-048-04	Contactor	1 pc
PTE-048-05	Timer Delay-ON	1 pc
PTE-048-06	Selected Switch	1 pc
PTE-048-07	Push-Button Change Switch	2 pcs
PTE-048-08	Change-Over Switch	2 pcs
PTE-048-09	Indicator Lamps	1 pc
PTE-048-10	Lamp Socket	1 pc
PTE-048-11	Single Phase MCB	1 pc
PTE-048-12	Supply Contactor	3 pcs
PTE-048-13	Thermo Relay I	1 pc
PTE-048-14	Thermo Relay II	1 pc
PTE-048-15	Single Switch	1 pc
PTE-048-16	Series Switch	1 pc
PTE-048-17	Schuko Socket	1 pc
PTE-048-18	Voltmeter	1 pc
PTE-048-19	Amperemeter	1 pc
PTE-048-20	Single Phase ELCB	1 pc
PTE-048-21	Socket Fluorescent Lamps Left	1 pc
PTE-048-22	Ballast Fluorescent Lamps	1 pc
PTE-048-23	Socket Fluorescent Lamps Right	1 pc
PTE-048-24	Capacitive Load	1 pc
PTE-048-25	Pole Changing	1 pc
PTE-048-26	Variabel Power Supply	1 pc
PTE-048-27	Potentiometer	1 pc
PTE-048-28	Relay	1 pc
PTE-048-29	Counter	1 pc
PTE-048-30	Inverter	1 pc
PTE-048-31	Intermediate Switch	1 pc
PTE-048-32	Single-Phase AC Machine	1 pc
PTE-048-33	Three-Phase AC machine 1	1 pc
PTE-048-34	Three-Phase AC machine 2	1 pc
PTE-048-35	Three-Phase AC machine Dual Speed	1 pc
PEO 101	Incandescent Lamp 230VAC/40W	1 pc
PEO 102	Fluorescent Lamp 230VAC/20W	2 pcs
GSE 233 02	Safety Connecting Lead 100cm, Red	12 pcs
GSE 233 04	Safety Connecting Lead 100cm, Yellow	10 pcs
GSE 233 03	Safety Connecting Lead 100cm, Blue	12 pcs
GSE 233 01	Safety Connecting Lead 100cm, Black	10 pcs
GSE 232 05	Safety Connecting Lead 50cm, Green	15 pcs
GSE 232 02	Safety Connecting Lead 50cm, Red	15 pcs
GSE 232 01	Safety Connecting Lead 50cm, Black	10 pcs
GSE 231 02	Safety Connecting Lead 30cm, Red	15 pcs
GSE 231 01	Safety Connecting Lead 30cm, Black	12 pcs
GSE 235	Safety Connecting Cross	50 pcs
L07S-01E	Experiment Manual Book	1 pc
GSN 245	TPS Frame 1200mm	1 set
KAL 99/20-100	Connecting Lead 100cm, Red	4 pcs
KAL 99/30-100	Connecting Lead 100cm, Black	4 pcs
KAL 99/40-50	Connecting Lead 50cm, Yellow	6 pcs



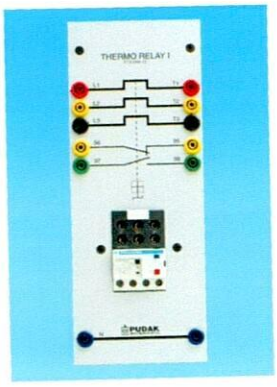
Supply Contactor
PTE-048-12



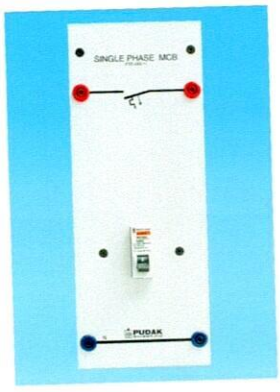
Timer Delay-ON
PTE-048-05



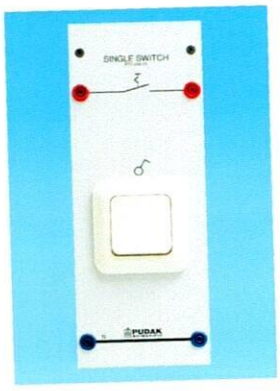
Three-Phase MCB
PTE-048-03



Termo Relay I
PTE-048-13



Single Phase MCB
PTE-048-11



Single Switch
PTE-048-15

Specifications and illustrations are subject to change without prior notice

PUDAK SCIENTIFIC

GUARANTEE CERTIFICATE

No: AGV-2404004

Subject : Synchronous Motor and Synchronous Generat

Trainer Code : PT170428ECS

Inspection Report Certificate No. : AGX-2404004

Synchronous Motor and Synchronous Generator PT170428ECS

No.	Name of Module	Serial No.	Qty
1	Universal Power Supply	2404000064	1
2	Three Phase MCB	2404000065	1
3	Motor Asyncronous Rotor Sangkar 3	2404000066	1
4	Motor Synchronous 3 Fasa	2404000067	1
5	Field Regulator For AC And DC Mac	2404000068	1
6	Brake Machine	2404000069	1
7	Unit Control Brake Machine	2404000070	1
8	RPM Meter	2404000071	1
9	PB Change Switch	2404000072	1
10	Indicator Lamps	2404000073	1
11	Three Phase RLC Loads	2404000074	1
12	Syncronization Indicator	2404000075	1

No.	Name of Module	Serial No.	Qty
13	Syncronization Circuit	2404000076	1
14	Motor Starter And Protective Circuit	2404000077	1
15	Main Switch	2404000078	1
16	Digital Power Meter	2404000079	1
17	Supply Contactor	2404000080	1
18	Variable Speed Drive	2404000081	1
19	AC Voltmeter	2404000082	1
20	AC Voltmeter	2404000083	1
21	Encoder	2404000084	1
22	Potensiometer	2404000085	1
23	Toggle Switch	2404000086	1

Extended Guarantee Card:

This apparatus is well made and robust, and a great care has been taken in PUDAK SCIENTIFIC manufacturer. A guarantee of ONE YEAR period is provided in respect of defects found due to faulty workmanship or material. Should such defects occured, please take the apparatus together with this guarantee to us.

This Guarantee does not apply if the apparatus has been neglected, misused or connected to an incorrect voltage, nor has been accidentally damaged or the work has been carried out by an unqualifield person.

Terms and Conditions:

Service coverage for the product under this Pudak Guarantee Certificate shall be in effect for:

Effective Date : 03 MAY 2024

Expiration Date : 03 MAY 2025

PUDAK SCIENTIFIC BANDUNG

DO NOT LOSE THIS GUARANTEE CERTIFICATE

Your Partner in Education

worlddidac member

Jl. Pudak No.4, Bandung 40113, Jawa Barat - INDONESIA, Ph.: +62 22 727 2755, Fax.: +62 22 720 7250, Email: contact@pudak.com, Website: www.pudak.com

ARTICLE INSPECTION REPORT

PUDAK SCIENTIFIC

Certification. No. : **AGX-2404004**
Trainer : **Synchronous Motor and Synchronous Generator**
Code No. : **PT170428ECS**
Quantity : **1 Set**

Date : 06 May 2024

No.	Code	Item of module	Serial No.	Qty	Testing Result* (function) OK	NG	Remark
1	PTE-154-001	Universal Power Supply	2404000064	1	✓		
2	PTE-048-03A	Three Phase MCB	2404000065	1	✓		
3	PTE-046-05	Motor Asyncronous Rotor Sangkar 3 Fasa	2404000066	1	✓		
4	PTE-046-08	Motor Synchronous 3 Fasa	2404000067	1	✓		
5	PTE-046-14	Field Regulator For AC And DC Machine	2404000068	1	✓		
6	PTE-046-10	Brake Machine	2404000069	1	✓		
7	PTE-046-11	Unit Control Brake Machine	2404000070	1	✓		
8	PTE-124-06	RPM Meter	2404000071	1	✓		
9	PTE-048-07	PB Change Switch	2404000072	1	✓		
10	PTE-048-09	Indicator Lamps	2404000073	1	✓		
11	PTE-046-30A	Three Phase RLC Loads	2404000074	1	✓		
12	PTE-055-19	Synchronization Indicator	2404000075	1	✓		
13	PTE-055-18	Syncronization Circuit	2404000076	1	✓		
14	PTE-046-25	Motor Starter And Protective Circuit Breaker	2404000077	1	✓		
15	PTE-046-22	Main Switch	2404000078	1	✓		
16	PTE-046-28	Digital Power Meter	2404000079	1	✓		
17	PTE-048-12	Supply Contactor	2404000080	1	✓		
18	PTE-145-002	Variable Speed Drive	2404000081	1	✓		
19	PTE-122-10	AC Voltmeter Module	2404000082	1	✓		
20	PTE-122-10	AC Voltmeter Module	2404000083	1	✓		
21	PTE-052-33	Encoder	2404000084	1	✓		
22	PTE-048-27	Potensiometer	2404000085	1	✓		
23	PTE-048-37	Toggle Switch	2404000086	1	✓		
		Accessories					
1	GSE 233 02	Safety Connecting Lead 100cm, Red		12	✓		
2	GSE 233 04	Safety Connecting Lead 100cm, Yellow		12	✓		
3	GSE 233 03	Safety Connecting Lead 100cm, Blue		6	✓		
4	GSE 233 01	Safety Connecting Lead 100cm, Black		12	✓		
5	GSE 232 08	Safety Connecting Lead 50cm, Blue		10	✓		
6	GSE 232 02	Safety Connecting Lead 50cm, Red		10	✓		
7	GSE 232 01	Safety Connecting Lead 50cm, Black		10	✓		
8	GSE 232 09	Safety Connecting Lead 50cm, Yellow		10	✓		
9	GSE 231 02	Safety Connecting Lead 30cm, Red		10	✓		
10	GSE 231 01	Safety Connecting Lead 30cm, Black		10	✓		
11	GSE 233 05	Safety Connecting Lead 100cm, Yellow-Green		5	✓		
12	GSE 231 04	Safety Connecting Lead 30cm, Yellow		10	✓		
13		Frame		1	✓		
14	GSE 235	Safety Connecting Cross		20	✓		
15		Experiment Manual Book		1	✓		

Testing Result*

ARTICLE INSPECTION REPORT

PUDAK SCIENTIFIC

Certification. No. : **AGX-2404004**
Trainer : **Synchronous Motor and Synchronous Generator**
Code No. : **PT170428ECS**
Quantity : **1 Set**

Date : 06 May 2024

No.	Item of Experiment	Testing Result* (function) OK	NG	Remark
1	Starting Motor 3 Phase Cage Rotor Direct On Line System	✓		
2	Starting Motor 3 Phase Cage Rotor Star-Delta System	✓		
3	Starting Motor 3 Phase Cage Rotor Primary Resistance System	✓		
4	Starting Motor 3 Phase Rotor Cage Using Soft Starter	✓		
5	Starting Motor 3 Phase Slip-Ring Rotor with Gradual Resistance Method on Rotor	✓		
6	Control Circuit Reversing Direction of Motor Rotation 3 Phase Cage Rotor	✓		
7	3 Phase Motor Control Circuit Dahlander Cage Rotor	✓		
8	3 Phase Motor Control Circuit Cage Rotor with Sequential Way	✓		
9	Motor Control Circuit 3 Phase Cage Rotor with Alternating 2 ON and 1 OFF	✓		
10	3 Phase Motor Cage Braking Control Circuit with Plugging System	✓		
11	Power Factor Improvement in 3 Phase Motors Cage Rotor	✓		
12	Measurement of Winding Resistance of 3 Phase Motor Cage Rotor After Finishing Operation	✓		

*Tick √ Where applicable

Checked by : Candra. G
Title / Department : Produksi
Date/Month/Year : 2-05-2024
Sign :

Approved by : Simon Robertus
Title / Department : R. 1D
Date/ Month/Year : 2-05-2024
Sign :

PUDAK SCIENTIFIC BANDUNG