

500/144/84

LIK PERPU
- IKIP - PADANG

BUKU A

**SISTEM RANGKAIAN DAN PIRANTI
LISTRIK SATU FASA**

PERPUSTAKAAN UIN PADANG
KOLEKSI BOARD ILMU
TIDAK DIPINJAMKAN
KHUSUS DIPAKAI DALAM PERPUSTAKAAN



Oleh
Drs. Daman Suswanto

**Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan
Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan**

Padang

1984

Kata Pengantar

Dengan mengucapkan puja dan puji ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan kurnia dan hidayahNya, penulis dapat menyelesaikan suatu karya tulis berbentuk Buku A Sistem Rangkaian dan Piranti Listrik Satu Fasa, yang dapat digunakan untuk membantu mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Elektro di dalam melaksanakan tugas-tugas pratikum di Laboratorium Dasar Listrik.

Seperti kita ketahui bersama kepustakaan buku-buku teknik yang sesuai dengan bidang studi dalam Bahasa Indonesia masih sedikit sekali. Oleh sebab itu di dalam rangka melengkapi kepustakaan buku-buku teknik, terutama untuk Teknik Elektro di FPTK IKIP Padang, penulis tergerak untuk dapat menyumbangkan suatu karangan berbentuk buku yang dapat digunakan oleh mahasiswa.

Di dalam matakuliah Sistem, Rangkaian dan Piranti Listrik pada Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, orientasi materi pelajaran difokuskan pada sistem arus listrik bolak-balik satu fasa dan tiga fasa. Karena materi tersebut begitu luas, maka dalam pembuatan buku matakuliah Sistem, Rangkaian dan Piranti Listrik ini, penulis membagi dalam dua bagian, yaitu buku A untuk Sistem Rangkaian dan Piranti Listrik Satu Fasa, dan buku B untuk Sistem Rangkaian dan Piranti Listrik Tiga Fasa. Mudah-mudahan dalam waktu dekat kesemuanya dapat penulis selesaikan dengan baik.

Sumbangan ini merupakan yang pertama dalam kepustakaan bidang Teknik Elektro. Hal ini disebabkan karena buku tentang Sistem, Rangkaian dan Piranti Listrik tidak ada pasaran. Dengan adanya buku ini mudah-mudahan dapat membantu mahasiswa FPTK IKIP Padang dalam menyelesaikan tugas belajarnya.

Sambutan Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektro.

Sungguh suatu yang sangat menggeambirakan bagi kami apabila semua dosen dapat menghasilkan suatu karya tulis, berbentuk buku pelajaran sesuai dengan bidang studi yang menjadi tanggung jawabnya. Selain dapat membantu mahasiswa di dalam kebutuhan belajarnya, juga merupakan suatu sarana bagi dosen untuk mengembangkan kreativitasnya untuk dapat memenuhi fasilitas sumber belajar yang ada di Jurusan khususnya, maupun di Fakultas pada umumnya. Yang ke semuanya merupakan suatu langkah untuk dapat tercapainya suatu proses pendidikan yang dilaksanakan di IKIP Padang ini.

Dengan adanya buku ini, mudah-mudahan dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa untuk membantu di dalam memenuhi kebutuhan belajarnya, serta dapat meringankan tugas-tugas dosen yang mengajar matakuliah Sistem, Rangkaian dan Piranti Listrik pada semester 4 tahun kedua dalam proses belajar mengajar di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro.

Kami yakin dengan adanya buku-buku pelajaran yang menunjang proses belajar mengajar akan dapat ditingkatkan mutu pendidikan di Indonesia ini. Dan ini merupakan titik kelemahan kita dewasa ini. Untuk itu, agar dapat menghilangkan kesenjangan yang ada dalam peningkatan pendidikan dewasa ini, usaha untuk memenuhi kebutuhan sumber belajar mahasiswa merupakan usaha yang perlu mendapat penghargaan. Untuk itu kami selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, mengucapkan terima kasih kepada Saudara Drs. Daman Suswanto atas usaha yang telah dilakukannya ini, semoga saja hal ini merupakan langkah maju dan dapat ditingkatkan terus untuk kemajuan dan perkembangan pendidikan di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro khususnya dan FPTK IKIP Padang pada umumnya.

Padang, Maret 1984

Drs. Amran Gambut
NIP. 130692557

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
SAMBUTAN KETUA JURUSAN LISTRIK	iii
DAFTAR ISI	v
BAB I MENENTUKAN KURVA KEMAGNITAN	1
BAB II A METODE PENGUKURAN DAYA DAN INDUKTANSI DENGAN 3 VOLTMETER	11
BAB II B KARAKTERISTIK RANGKAIAN INDUKTIF	15
BAB III PENGARUH BEBAN BERUBAH-UBAH	28
BAB IV PENGARUH KAPASITANSI PADA BEBAN INDUKTIF PARALEL	35
BAB V PENGARUH PERUBAHAN KAPASITANSI TERHADAP ARUS LISTRIK	43
BAB VI MEMPERBAIKI FAKTOR DAYA	57
BAB VII PERHITUNGAN DAYA TERPAKAI BEBAN RUMAH TANGGA	73

DAFTAR PUSTAKA

I. MENENTUKAN KURVA KEMAKNITAN

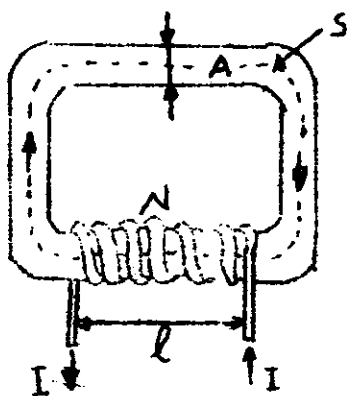
1. TUJUAN

Dari hasil percobaan laboratorium diharapkan mahasiswa dapat :

- Menghitung parameter rangkaian magnet dari bermacam-macam jumlah lilitan, apabila diberikan arus listrik secara bertahap .
- Menggambarkan grafik perubahan parameter rangkaian magnet terhadap perubahan arus listrik yang dialirkan .
- Mengukur fluk magnet Φ suatu kumparan untuk bermacam-macam jumlah lilitan dengan menggunakan alat ukur fluk meter elektronik tipe 3254 YEW .
- Membuat kesimpulan dari hasil data yang didapat pada percobaan laboratorium terhadap teori yang didapat dikelas.

2. TEORI SINGKAT

Apabila suatu kumparan dengan jumlah lilitan N dialiri oleh arus listrik I , maka disekitar kumparan itu akan timbul medan elektromagnetis . Hal ini akan mempengaruhi juga perubahan parameter yang terdapat pada kumparan tersebut . Karena setiap perubahan arus listrik yang mengalir pada kumparan \uparrow akan mengakibatkan perubahan-perubahan parameteranya. Besarnya perubahan parameter rangkaian magnet itu dapat kita hitung besarnya , antara lain :



Gambar . 1 .

- Intensitas magnet (H) .

$$H = \frac{1.256 \cdot N \cdot I \cdot N}{l} \text{ (oersted)} \dots\dots(1)$$

- Kerapatan magnet (B) .

$$B = \mu \cdot H \text{ (gauss)} \dots\dots(2)$$

atau :

$$B = \frac{1.256 \cdot \mu \cdot I \cdot N}{l} \text{ gauss} \dots\dots(3)$$

c. Fluk elektromagnetis (Φ).

$$\Phi = B \cdot A \quad (\text{Weber}) \dots (4)$$

atau :

$$\Phi = \frac{1.256 \cdot \pi \cdot \mu \cdot I \cdot N \cdot A}{l} \quad (\text{Wb}). \dots (5)$$

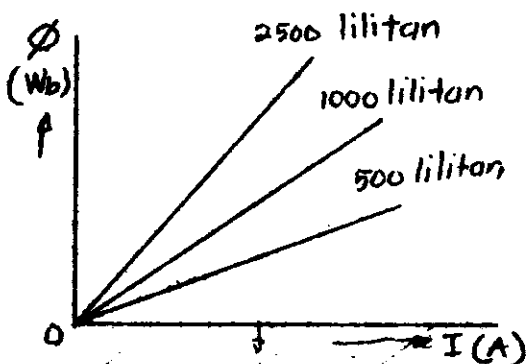
d. Reaktansi magnet R_m .

$$R_m = \frac{k}{\mu \cdot A} \quad \begin{array}{l} k = \text{keliling} \\ \text{lintasan} \\ \text{fluk mag-} \\ \text{nit.} \end{array} \dots (6)$$

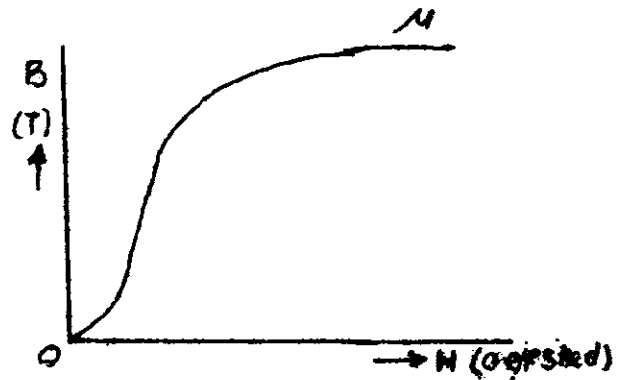
e. Gaya Gerak Magnet (Ggm)

$$Ggm = \Phi \cdot R_m \quad (\text{At}) \dots (7)$$

Perubahan-perubahan dari parameter rangkaian magnet tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar.2a.

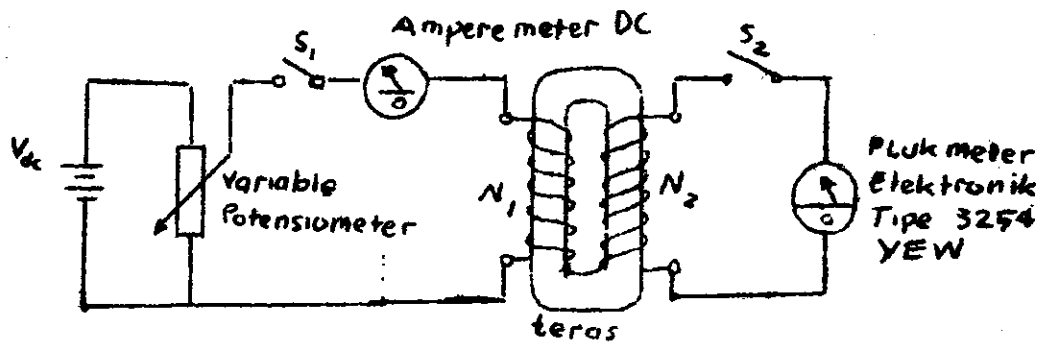


Gambar.2b.

Pada gambar.2a, diperlihatkan grafik kenaikan fluk magnet yang berbeda untuk setiap lilitan, pada kenaikan arus listrik yang sama.

Untuk gambar.2b, keadaan dimana kerapatan magnet B tidak bisa dinaikan lagi atau sudah mencapai titik jenuh (saturation point). Hal ini disebabkan karena molekul-molekul pada teras sudah diarahkan, sehingga akan timbul panas pada teras apabila diteruskan.

3. RANGKAIAN PERCOBAAN .



Gambar.3. Rangkaian percobaan Laboratorium .

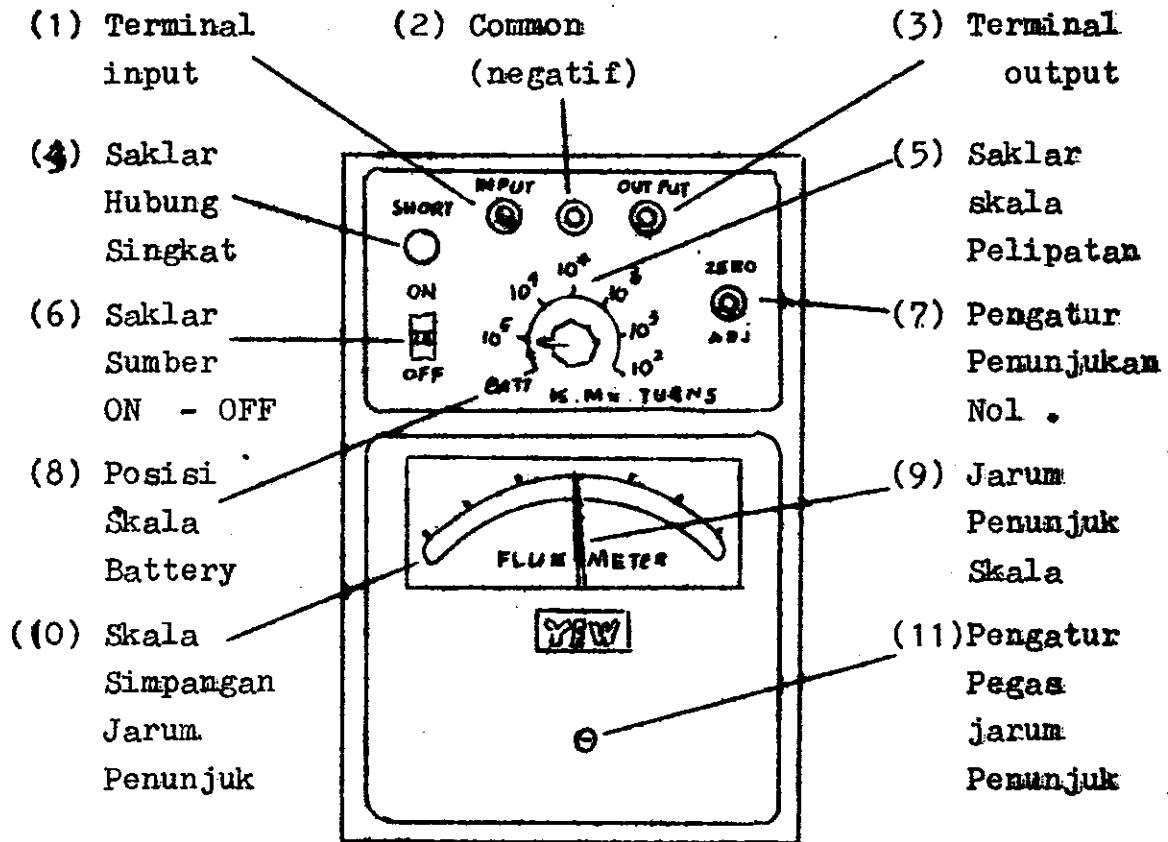
4. ALAT DAN BAHAN PERCOBAAN .

- 4.1. Sumber arus searah (DC) 0 - 25 volt.
- 4.2. Variabel Potensiometer
- 4.3. Amperemeter DC (0 - 3 A)
- 4.4. Flukmeter elektronik tipe 3254 YEW
- 4.5. Lilitan kawat $N = 5, 50, 500, 1000, 2500, 2400$ atau $N = 125/500$ dan $60/60$.
- 4.6. Teras besi dinamo
- 4.7. Papan penghubung
- 4.8. Kabel penghubung
- 4.9. Saklar ON - OFF

5. CARA MENGGUNAKAN FLUKMETER ELEKTRONIK TIPE 3254 YEW .

- (1) ...

5. CARA MENGGUNAKAN FLUKMETER ELEKTRONIK TIPE 3254 YEW



Gambar.4. Alat ukur Flukmeter Elektronik Tipe 3254 YEW .

Flukmeter Elektronik Tipe 3254 YEW ini adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur besaran fluk magnet yang terdapat pada suatu lilitan kawat (kumparan). Tipe 3254 YEW ini dilengkapi dengan rangkaian intergrator CR yang mempunyai penguatan tinggi (high gain transistor amplifier), yang dapat mengukur dari skala 10^2 - 10^5 kilo Maxwell lilitan atau KMT .

- a. Sebelum anda menggunakan Flukmeter ini, cek terlebih dahulu battery yang terdapat pada Flukmeter ini dengan jalan memutar skala pelipatan (5) pada posisi skala battery (8).

Ban ON-kan saklar sumber Flukmeter (6). Apabila jarum penunjuk bergeser pada skala battery sebelah kiri, berarti battery didalam alat ukur Flukmeter masih dalam keadaan baik. Bila tidak tukarlah battery didalam Flukmeter sebanyak 4 x 9 volt battery.

- b. Agar battery didalam Flukmetr tidak voltage drop, maka pada saat selesai menggunakan alat ukur ini, posisi saklar skala pelipatan (5) diletakkan pada kedudukan 10^5 atau yang lainnya, jangan letakkan pada posisi BATT.
- c. Untuk mengukur fluk magnet seperti pada gambar.3, digunakan terminal input (1) dengan negatif (2), sedangkan penggunaan terminal output (3) dengan negatif (2) apabila kita akan menggunakan X-Y recorder sebagai alat tambahan. Hindarilah menggunakan terminal output tersebut, kalau tidak menggunakan X-Y recorder.
- d. Untuk menentukan posisi kelipatan apabila sumber DC telah di ON-kan, tekanlah tombol hubung singkat (4) dan tentukanlah kedudukan saklar skala pelipatan dengan tepat, yaitu apabila jarum penunjuk telah mendekati kedudukan NOL, atau tepat pada kedudukan nol.
- e. Masih dengan menekan tombol hubung singkat (4), apabila akan menggeserkan jarum penunjukan yang posisinya mendekati nol, agar tepat ke angka nol, putarlah pengatur kedudukan nol (7).
- f. Apabila jarum penunjukan (9) telah tepat menunjukkan ke angka nol, lepaskan tombol hubung singkat (4). Pada saat ini jarum penunjukan akan bergeser pada skala tertentu.
- g. Pergeseran jarum penunjuk pada skala tertentu tersebut, dikalikan dengan skala pelipatan, maka akan didapat harga besaran fluk magnet yang terukur dalam satuan kilo Maxwell turns (KMT).

6. LANGKAH KERJA .

- 6.1. Sebelum memulai percobaan tersebut, cek terlebih dahulu alat ukur Flukmeter, apa-kah baterinya masih dalam keadaan baik .
- 6.2. Cek juga saklar penghubung ON - OFF dengan menggunakan alat ukur Ohmmeter. Tentukan posisinya pada kedudukan OFF .
- 6.3. Rangkailah peralatan yang ada sesuai dengan gambar.3 . rangkaian percobaan ini .
- 6.4. Letakan lilitan kawat pada terasnya, dengan perbandingan sesuai dengan selera anda .
- 6.5. Sebelum Dosen pembimbing mengecek rangkaian percobaan anda, jangan sekali-kali menghubungkan sumber daya DC kesumber PLN (220 volt) .
- 6.6. Hubungkanlah rangkaian percobaan anda dengan terminal input dan negatif dari alat ukur Flukmeter .
- 6.7. Setelah dicek oleh dosen pembimbing , ON-kan saklar penghubung S_1 setelah dihubungkan ke sumber PLN .
- 6.8. Putarlah variable potensiometer pada posisi alat ukur Amperemeter 0,1 A .
- 6.9. Tutuplah (ON-kan) saklar hubung S_2 dan saklar sumber pada Flukmeter, yang saat itu kedudukan saklar skala pelipatan adalah 10^5 .
- 6.10. Sambil anda meng-ON-kan saklar sumber Flukmeter , tekan lah tombol hubung singkatnya .
- 6.11. Putarlah posisi saklar skala pelipatan hingga jarum penunjukan skal menunjuk pada skala nol, tanpa melepaskan tombol hubung singkat .
- 6.12. Apabila jarum penunjukan telah tepat pada posisi nol , maka lepaskan tombol hubung singkatnya . Selanjutnya OFF-kan juga saklar sumber S_1 . Catat penunjukan Flukmeter pada kertas laporan sementara anda .

- 6.13. Selanjutnya ulangilah langkah 6.8 seperti langkah 6.8 sampai dengan 6.12, dengan merobah variable potensio-
meter pada posisi alat ukur amperemeter berturut-turut dari 0,2 , 0,3, 0,4, 0,5 dan 0,6 Ampere .
- 6.14. Catatlah harga besaran arus yang ditentukan dan fluk
magnet (θ) Flukmeter dengan mengulangi langkah 6,8 sam
pai dengan 6.12 seperti diatas .
- 6.15. Apabila anda telah selesai mengerjakan langkah 6.14
diatas, OFF-kan saklar penghubung S_1 dan S_2 serta
saklar sumber pada Flukmeter .
- 6.16. Tanpa mengubah posisi rangkaian percobaan, ganti li -
litan kawatnya dengan perbandingan yang anda sukai
menurut jumlah lilitan yang tersedia .
- 6.17. Ulangi langkah seperti langkah kerja 6.8 untuk se -
tiap perbandingan lilitan yang anda pilih, dan catat
data-data yang saudara peroleh .
- 6.18. Apabila anda telah selesai mengerjakan percobaan ini,
rapikan peralatan yang digunakan dan letak pada
tempat semula .
- 6.19. Buatlah laporan sementara, untuk dua orang kelompok
kerja satu buah laporan sementara .

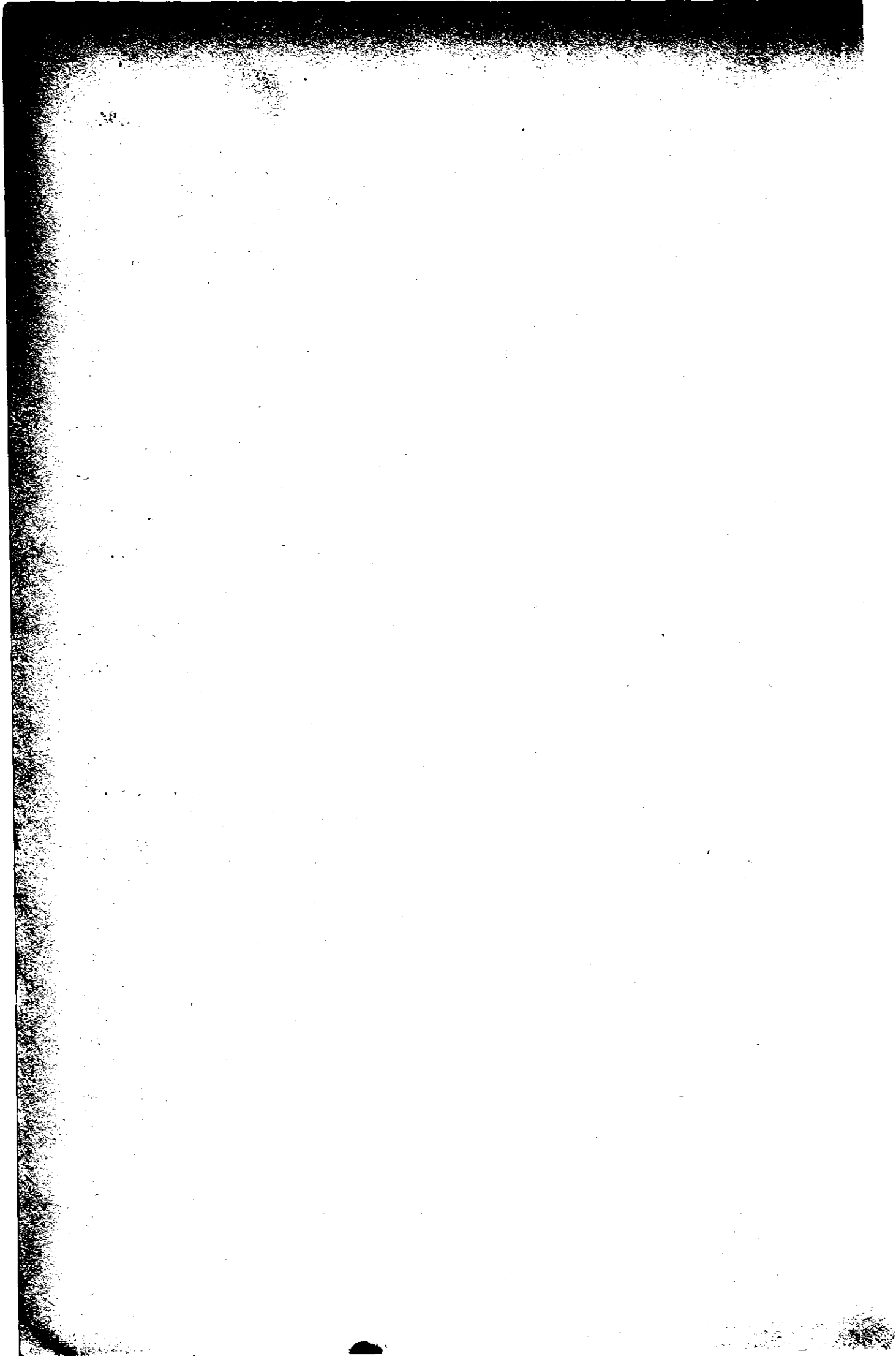
7. CARA MENGOLAH DATA .

- a. Hitunglah intensitas magnet H dengan menggunakan rumus
(1) setelah anda mengukur tinggi lilitan p dan jumlah li
litan kawat yang digunakan N .
- b. Untuk mendapatkan kerapatan magnet B , gunakan rumus (4)
setelah anda mengukur luas penampang teras A yang digu -
nakan .
- c. Dari kedua harga diatas, anda dapat membuat grafik/kurva
kemagnitan dari ters, yaitu $B = f (H)$, gambar.2b.

- d. Buatlah grafik perubahan fluk magnet ϕ terhadap perubahan arus yang dialirkan, yaitu $\phi = f(I)$, gambar.2a.
- e. Hitunglah reaktansi magnet R_m dari kumparan yang di pakai setelah mendapatkan permeabilitet dari teras, keliling teras k yang dilalui fluk magnet dan penampang teras A . Yang lebih mudah substitusikan rumus (6) ke rumus (5) lalu anda pakai rumus tersebut.
- f. Hitung juga gaya gerak magnet (g_m) atau F_m dengan menggunakan rumus (7).
- g. Dari perhitungan g_m dan ϕ , anda akan melihat perubahan reaktansi magnet R_m dari suatu grafik $\phi = f(g_m)$.

8. PERTANYAAN .

- a. Apakah kurva kemagnetan yang anda buat sesuai dengan teori yang anda dapatkan ?
- b. Apakah setiap perubahan lilitan ada perubahan fluk magnet pada teras ?
- c. Apakah faktor-faktor yang mempengaruhi intensitas magnet H ?
- d. Apakah pada saat perubahan teras yang anda gunakan menjadi panas ? Kalau tidak, apa sebabnya ? Kalau iya, batas mana kemampuan teras itu tidak menjadi panas ?



L A P O R A N S E M E N T A R A

Judul : Kurva kemagnitan
 Topik : Piranti Elektromagnitis

PERALATAN YANG DIGUNAKAN .

1. Amperemeter DC ,Klas:_____,Batas yang digunakan: _____A.
2. Flukmeter elektronik,klas:_____,Keadaan battery: _____
3. Teras yang digunakan, lebar penampang : _____ cm
 panjang penampang : _____ cm
 keliling lingkaran teras : _____ x _____ cm
4. Lilitan kawat N₁ : _____ lilitan,tinggi lilitan _____ cm
 N₂ : _____ lilitan,tinggi lilitan _____ cm
 N₃ : _____ lilitan,tinggi lilitan _____ cm
 N₄ : _____ lilitan,tinggi lilitan _____ cm

DATA PENGUKURAN .

Untuk percobaan 1.

I	V	ϕ	H	B	R _m	G _{em}
(A)	(volt)	k . Mx.t	AT/m	(T)		(At)
0.1						
0.2						
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1.0						

Percobaan di atas di gunakan :

$N_1 =$ _____ lilitan, $p =$ _____ cm, $A =$ _____ cm, $k =$ _____ cm .

$N_2 =$ _____ lilitan, $p =$ _____ cm, $A =$ _____ cm, $k =$ _____ cm .

II. METODE PENGUKURAN DAYA DAN INDUKTANSI DENGAN 3 VOLTMETER

TUJUAN

Dari hasil percobaan di Laboratorium diharapkan mahasiswa dapat :

- a. Menghitung besarnya daya dan induktansi suatu lilitan dari hasil pengukuran dengan tiga voltmeter.
- b. Menganalisa hasil data yang didapat dari berbagai bentuk lilitan.
- c. Menggambar dalam bentuk grafik besaran daya dan induktansi yang didapat dari hasil pengukuran dan perhitungan.
- d. Mengambil kesimpulan dari hasil percobaan ini terhadap teori yang didapat dalam bentuk laporan tertulis.

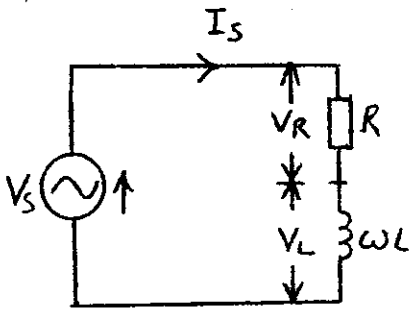
TEORI SINGKAT

Seperti telah kita ketahui bahwa besarnya daya yang dipakai suatu beban adalah $P = V_S \cdot I_S \cdot \cos \theta$. Di mana faktor daya $\cos \theta$ menunjukkan besarnya sudut pergeseran fasa yang terjadi antara arus dan tegangan akibat pengaruh impedansi beban $Z = R + jX_L$. Karena nilai reaktansi induktif X_L yang terjadi pada suatu beban mengakibatkan pergeseran fasa antara arus dan tegangan sebesar $\cos \theta = \frac{R}{Z}$.

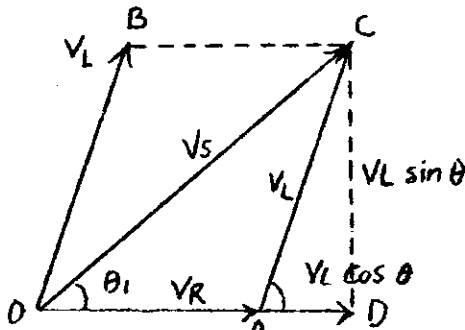
Untuk mengukur daya dengan tiga volt meter, suatu beban induktif hendaknya dihubungkan seri dengan resistansi non induktif (resistansi murni), sehingga arus I_S akan sama besarnya pada setiap beban.

Dari hubungan seri antara L dan R ini (gambar 5) maka besarnya tegangan pada setiap beban secara vektor adalah :

$$V_S = V_R + V_L \dots\dots\dots 6$$



Gambar 5



Gambar 6

yang secara vektor dapat digambarkan seperti pada gambar 6 di bawah ini.

Di mana $OB = AC = V_L$, $OA = V_R$ dan $OC = V_S$. Apabila $AC = V_L$ maka $AD = V_L \cos \theta$ dan $DC = V_L \sin \theta$.

sehingga dari segitiga ODC didapat $V_L \sin \theta$

$$V_S^2 = (V_R + V_L \cos \theta)^2 + (V_L \sin \theta)^2$$

(yakni rumus Phytagoras)

$$V_S^2 = V_R^2 + V_L^2 \cos^2 \theta + 2 V_R \cdot V_L \cdot \cos \theta + V_L^2 \sin^2 \theta$$

$$\text{atau :}$$

$$V_S^2 = V_R^2 + V_L^2 (\cos^2 \theta + \sin^2 \theta) + 2 V_R \cdot V_L \cdot \cos \theta$$

$$2 V_R \cdot V_L \cdot \cos \theta$$

maka : $V_S^2 = V_R^2 + V_L^2 + 2 V_R \cdot V_L \cdot \cos \theta$

karena $V_R = I \cdot R$ maka :

$$V_S^2 = V_R^2 + V_L^2 + 2 \cdot I \cdot R \cdot V_L \cdot \cos \theta \dots \dots 7$$

Kita ketahui bahwa besarnya daya pada suatu lilitan adalah

$$P = V_L \cdot I \cdot \cos \theta$$

apabila kita substitusikan persamaan di atas dengan persamaan 7 maka besarnya tegangan V_S adalah :

$$V_S^2 = V_R^2 + V_L^2 + 2 \cdot R \cdot P \dots \dots \dots 8$$

Dengan demikian besarnya daya pada suatu kumparan/lilitan atau beban induktif dapat kita hitung menjadi :

$$P = \frac{V_S^2 - V_R^2 - V_L^2}{2 \cdot R} \text{ watt} \dots \dots \dots 9$$

untuk R yang diketahui nilainya. Jika nilai resistansi R tidak diketahui, karena $R = V_R/I$ maka persamaan di atas dapat kita ubah menjadi :

$$P = I \frac{V_S^2 - V_R^2 - V_L^2}{2 \cdot V_R} \text{ watt} \dots \dots \dots 10$$

Untuk menghitung nilai induktansi dari suatu lilitan dengan menggunakan tiga voltmeter, sama dengan cara mengukur daya dengan tiga voltmeter di atas. Di mana besarnya tegangan pada masing-masing beban yaitu R dan L yang terhubung seri adalah :

$$V_S = V_R + V_L$$

Seperti yang telah kita ketahui bahwa besarnya tegangan pada L itu adalah $V_L = I \cdot \omega L$ sehingga harga tegangannya menjadi :

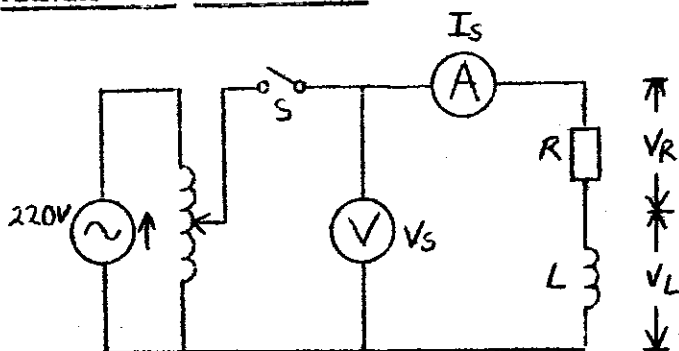
$$V_S = V_R + I \cdot \omega L \dots \dots \dots 11$$

Dari persamaan 11 di atas, maka besarnya nilai induktansi suatu lilitan adalah :

$$L = \frac{V_S - V_R}{\omega \cdot I} \text{ henry} \dots \dots \dots 12$$

Dari persamaan 11 dan 12 di atas dapat kita ketahui besarnya harga induktansi dan daya suatu lilitan/kumparan atau beban induktif.

RANGKAIAN PERCOBAAN



GAMBAR 7.
Bentuk rangkaian percobaan nomor 8

5. Demikian seterusnya, pada setiap kedudukan catatlah besaran arus I_S , tegangan V_S , V_R dan V_L .
6. Setelah anda melakukan percobaan 2.1 ini, Offkan saklar penghubung dan ubahlah beban R dan L sesuai bentuk percobaan selanjutnya.
7. Setiap pergantian beban R & L dan akan meng-Offkan saklar penghubung, hendaknya minta dicek dulu hubungannya pada dosen pembimbing anda.
8. Lakukanlah percobaan selanjutnya seperti langkah 3 sampai 5 di atas.
9. Apabila anda telah selesai percobaan 8.1 sampai 8.4 di atas Offkan saklar penghubung S dan cabut hubungan dari sumber tegangan 220 volt.
10. Rapikan dan letakkan alat yang telah anda gunakan seperti sediakala anda mengambilnya.

CARA PENGOLAHAN DATA

A. HASIL PERHITUNGAN

1. Setelah anda mendapatkan besaran I_S , V_S , V_R dan V_L dari hasil pengukuran, hitunglah besarnya daya pada beban L dengan menggunakan rumus 11 di atas.
2. Lalu hitunglah harga induktansi dari beban L dengan menggunakan rumus 12 di atas.
3. Hitunglah harga R dengan menggunakan rumus $R = \frac{V_R}{I_S}$ ohm.
4. Hitunglah harga impedansi Z dengan rumus :

$$Z = \frac{V_S}{I_S} \text{ ohm}$$
5. Hitunglah harga faktor daya $\cos \theta_1 = \frac{R}{Z}$.
6. Hitunglah daya total dengan $P_t = V_S \times I_S \times \cos \theta_1$
7. Hitunglah faktor daya untuk beban L yaitu $\cos \theta$
8. Karena besarnya sudut θ (gambar 6) = 2 x sudut θ_1 maka untuk $\cos \theta$ akan didapat.

8. Buktikan harga daya pada beban L pada rumus 11 di atas dengan menguji menggunakan rumus :

$$P_L = V_L \times I_S \times \cos \theta$$

9. Untuk membuktikan harga induktansi rumus 12 gunakanlah rumus :

$$L = \frac{V_L}{\omega \cdot I_S} \text{ henry}$$

B. HASIL GRAFIK DAN VEKTOR DIAGRAM

1. Buatlah grafik perubahan induktansi terhadap perubahan arus listrik, yaitu $L = f.(I_S)$, di mana satu grafik untuk 4 percobaan.
2. Buat juga grafik perubahan daya akibat perubahan arus I_S yaitu $P = f.(I_S)$ di mana satu grafik untuk 4 percobaan
3. Buatlah vektor segitiga tegangan antara V_S , V_R dan V_L di mana V_R sebagai vektor pangkal.

EVALUASI

1. Dari hasil perhitungan yang anda buat, apakah hasilnya cocok dengan hasil pembuktian anda (sub 8 dan 9 hasil perhitungan). Kalau tidak cocok apa alasan anda? Ungkapkan secara teoritis.
2. Bagaimana bentuk grafik yang anda buat, ceritakan secara teoritis hasil grafik anda teraebut.
3. Begitu pula dengan hasil segitiga tegangan yang telah anda buat, apakah ukurannya telah tepat dengan hasil perhitungan anda ? Ukurlah sudutnya dengan busur.
4. Bagaimana kesimpulan anda tentang percobaan ini, utarakanlah secara teoritis, bisa juga secara matematis.

KARAKTERISTIK RANGKAIAN INDUKTIF

A. TUJUAN .

Dari hasil percobaan di Laboratorium diharapkan mahasiswa dapat :

1. Menyelidiki perubahan parameter rangkaian induktif seri dan paralel,
2. Menentukan perbandingan hasil percobaan rangkaian induktif seri dan paralel.
3. Menggambarkan grafik perubahan arus (dI_s) akibat perubahan tegangan (dV_s) dari rangkaian induktif seri dan paralel.
4. Menggambarkan Vektor Diagram segitiga daya dari data yang di peroleh untuk rangkaian induktif seri dan paralel .
5. Menyimpulkan hasil pengukuran, perhitungan, grafik dan vektor diagram dari rangkaian induktif seri dan paralel, secara tepat sesuai dengan teori yang didapat mahasiswa.

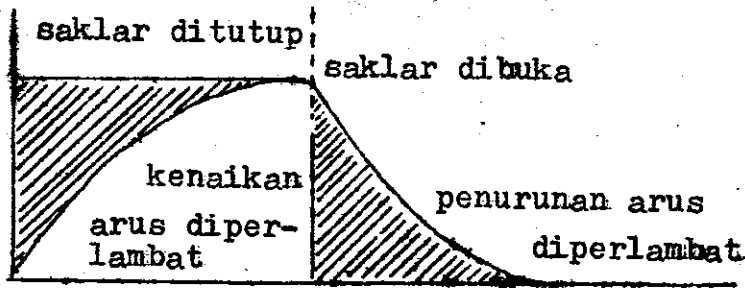
B. TEORI SINGKAT .

Reaktansi induktif adalah perlawanan terhadap pengaliran arus yang diberikan oleh induktansi dalam suatu sirkuit .

Seperti telah diketahui, induktansi hanyalah mempengaruhi pengaliran arus selagi arus itu berubah. Oleh karena perubahan arus itu membangkitkan suatu g.g.l induksi .

Pada arus searah, pengaruh induksi itu terjadi pada waktu arusnya dihubungkan atau dimatikan. Tetapi pada arus bolak-balik g.g.l induksi itu terjadi berkepanjangan (terus menerus).

Sirkuit induktif selalu mempengaruhi bentuk gelombang arus bolak-balik, selama setengah periodenya yang pertama. Menurut cara yang dilukiskan dibawah. Apabila saklarnya ditutup arus akan naik bersamaan naiknya Voltage. Tetapi terjadi sedikit kelambatan karena adanya induktansi, kelambatan ini mencegah arusnya untuk sampai pada nilai yang dicapainya. Karena sebelum nilai itu dapat dicapai, Voltage bolak-baliknya sudah berubah polaritasnya .



Gambar 8. Bentuk gelombang arus searah dalam sirkuit induktif .

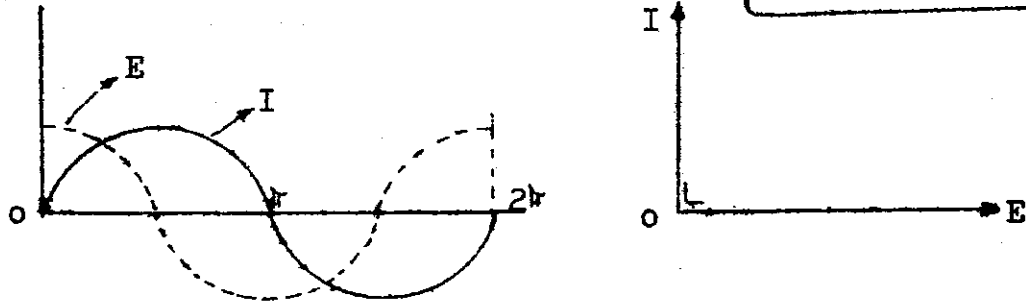
Jika frekwensi arus bolak-baliknya yang diberikan itu rendah maka akan tersedia lebih banyak waktu bagi arus untuk mencapai nilai yang lebih tinggi sebelum polaritas voltasenya berbalik, dari pada jika frekwensinya tinggi. Maka semakin tinggi frekwensi, semakin kecil arusnya dalam suatu sirkuit induktif.

Reaktansi induktif adalah perlawanan-perlawanan yang diberikan induktansi terhadap pengaliran arus. Dan perlawanan itu tidak hanya tergantung dari induktansi, tetapi juga frekwensi. Rumus yang dipakai untuk menghitung reaktansi induktif adalah $X_L = 2\pi fL$. Dimana L adalah induktansi dalam henry, f adalah frekwensi dalam Hertz (Hz) atau periode perdetik, dan adalah sebuah bilangan tetap setengah periode yaitu 3,14 . Oleh karena X_L menyatakan perlawanan terhadap pengali arus , maka selalu dinyatakan dalam OHM .

Jika pada suatu sirkuit arus bolak-balik yang mengandung resistansi, maka arusnya naik dan turun bersamaan dengan voltasenya. Dan kedua gelombang itu dikatakan sefase. Sedangkan pada sirkuit arus bolak-balik yang mengandung induktansi yang murni, arus dan voltasenya tidak naik dan turun bersamaan akan tetapi arusnya akan tetap tertinggal seperempat periode pada setiap saat dalam periode itu .

Dengan kata lain, arus dan voltase berselisih fase sebesar sudut 90° listrik atau arus menyusuk 90° dibelakang voltase .

MILIK PERPUSTAKAAN
- IKIP - PADANG -



Gambar 9. Arus tertinggal 90° terhadap voltase .

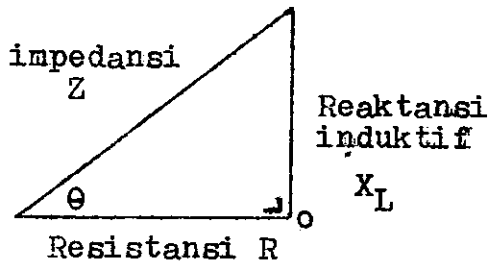
1. IMPEDANSI .

Dalam prakteknya, induktor jarang yang mengandung induktansi murni, oleh karena itu , setiap induktor selalu mengandung resistansi. Maka arusnya tidak akan pernah menyusul voltase sejauh 90°. Akan tetapi dengan sudut lebih kecil yang besarnya tergantung dari hubungan antara besarnya induktansi dan resistansi masing-masing didalam sirkuit itu .

Hubungan antara besarnya induktansi dan resistansi tersebut dinamakan impedansi dan disimbulkan dengan Z dengan satuan Ohm .

Persamaannya adalah :

$$Z^2 = R^2 + X_L^2 \dots (15)$$



Besarnya perbedaan fase pada impedansi tersebut adalah :

$$\cos \theta = \frac{R}{Z} \dots (16)$$

Gambar 10 .

Dari persamaan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa besarnya beda fase antara arus dan tegangan, tergantung dari perbandingan resistansi terhadap induktansi .

621.38
Jus
51

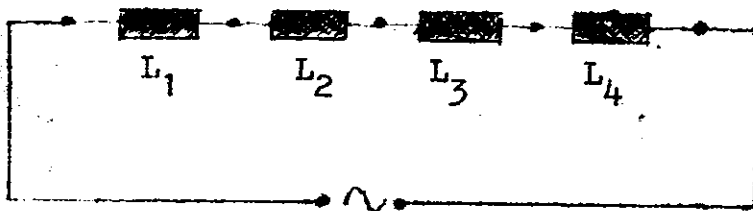
PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
KOLEKSI BIDANG ILMU
TIDAK DIPINJAMKAN
KHUSUS DIPAKAI DALAM PERPUSTAKAAN

Semakin besar resistansinya dibandingkan dengan induktansi maka akan semakin kecilah beda fase antara arus dan tegangan, dan begitu pula sebaliknya, jika resistansinya lebih kecil dari induktansi maka beda fasenya akan besar. Apabila beda fase itu dinyatakan dalam derajat., maka ketinggalan arusnya itu disebut sudut fase, disimbulkan dengan θ .

2. INDUKTANSI RANGKAIAN SERI .

Untuk menghitung induktansi yang diserikan dapat dihitung dengan rumus-rumus sebagai berikut .

Misalkan suatu sirkuit seri, terdiri dari 4 buah induktor (dengan resistansi yang dapat diabaikan) dan dihubungkan ke satu sumber arus bolak-balik. lihat gambar rangkaian .



Gambar 11. Rangkaian seri induktansi

Sesuai dengan sifat dari hubungan seri, arus I yang mengalir melalui tiap-tiap indikator akan sama .

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 \quad \dots (17)$$

Sedangkan voltase tergantung pada nilai reaktansi induktifnya masing-masing .

$$E_t = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 \quad \dots (18)$$

Hukum Ohm dapat diterapkan pada sebuah sirkuit arus bolak-balik dengan menggantikan reaktansi X_L untuk resistansi R .

$$E_1 = I \cdot X_{11} \quad , \quad E_2 = I \cdot X_{12}$$

$$E_3 = I \cdot X_{13} \quad , \quad E_4 = I \cdot X_{14}$$

maka :

$$I \cdot X_{1t} = I \cdot X_{11} + I \cdot X_{12} + I \cdot X_{13} + I \cdot X_{14}$$

$$\text{Jadi : } E_t = I \cdot (X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14}) \quad \dots (19)$$

Karean : $X_{11} = 2\pi f L_1$, maka rumus ini dapat ditulis sebagai berikut :

$$I(2\pi f L_t) = I(2\pi f L_1) + I(2\pi f L_2) + I(2\pi f L_3) + I(2\pi f L_4) .$$

Jadi :

$$2\pi f I (L_t) = 2\pi f I (L_1 + L_2 + L_3 + L_4) \quad \dots (20)$$

Persamaan ini dapat di robah :

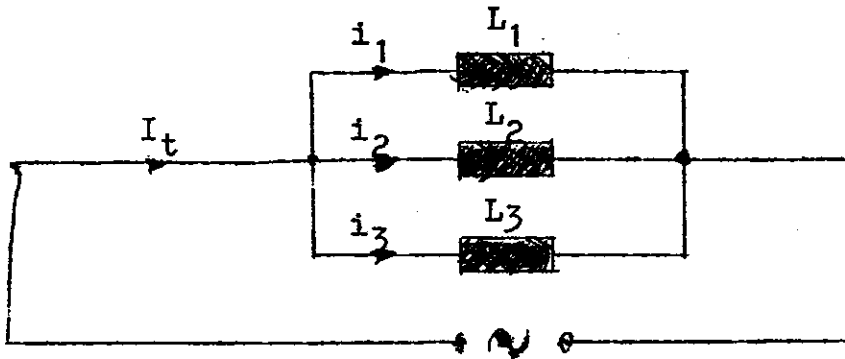
$$L_t = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \quad \dots (21)$$

Sehingga dari persamaan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa jumlah induktansi dalam sebuah sirkuit seri, sama dengan jumlah dari masing-masing induktansinya .

3. INDUKTANSI RANGKAIAN PARALEL .

Dalam sirkuit paralel yang terdiri dari tiga induktor, dengan resistansi yang dapat diabaikan, maka voltase pada masing masing induktor adalah sama . Dan seluruh arus membagi dirinya untuk mengalir dari masing-masing cabangnya. Besar arus yang mengalir dari masing-masing induktor tergantung dari perlawanan terhadap pengaliran arus bolak-balik di tiap-tiap induktornya .

$$I_t = i_1 + i_2 + i_3 \quad \dots (22)$$



Gambar 12 . Rangkaian paralel induktansi.

Disini juga dapat diterapkan hukum Ohm, dengan mensubsituisikan reaktansi X_L untuk resistansi R .

$$I_1 = \frac{E}{X_{L1}} \quad , \quad I_2 = \frac{E}{X_{L2}} \quad , \quad I_3 = \frac{E}{X_{L3}}$$

$$I_t = \frac{E}{X_{L t}} \quad \dots (23)$$

Pernyataan untuk jumlah arus, sekarang dapat ditulis kembali sebagai berikut :

$$\frac{E}{X_{L t}} = \frac{E}{X_{L 1}} + \frac{E}{X_{L 2}} + \frac{E}{X_{L 3}} \quad \text{atau}$$

$$\frac{E}{2\pi f L_t} = \frac{E}{2\pi f L_1} + \frac{E}{2\pi f L_2} + \frac{E}{2\pi f L_3}$$

Ini dapat dipermudah penulisannya menjadi :

$$\frac{E}{2\pi f} \cdot \frac{1}{L_t} = \frac{E}{2\pi f} \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \right) \quad \dots (24)$$

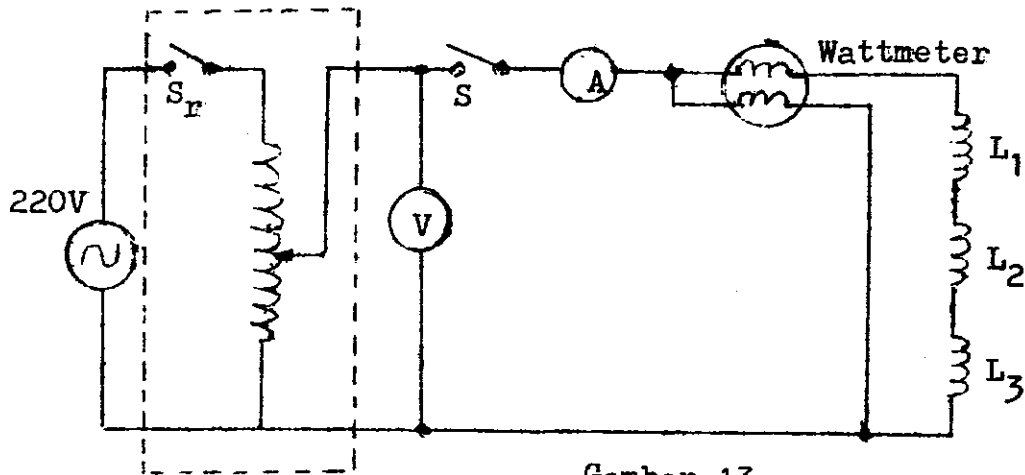
Dan karena $\frac{E}{2\pi f}$ terdapat pada kedua sisi persamaannya, maka dapatlah faktor itu dihilangkan ,

$$\frac{1}{L_t} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \quad \dots (25)$$

Jadi kebalikan dari jumlah induktansi dalam suatu sirkuit paralel, sama dengan jumlah dari kebalikan masing-masing induktansinya .

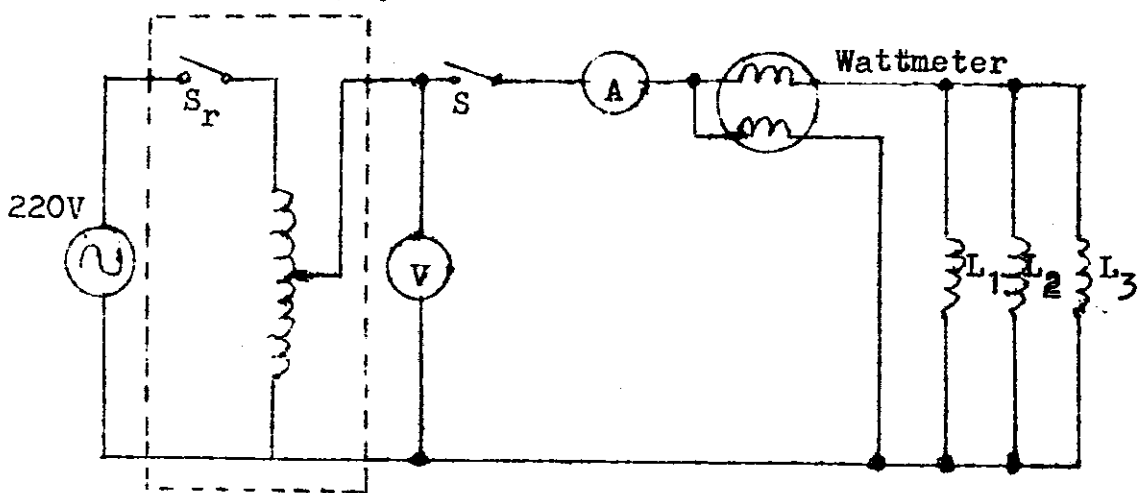
C. RANGKAIAN PERCOBAAN .

1. Menyelidiki parameter rangkaian induktif seri .



Gambar 13 .

2. Menyelidiki parameter rangkaian induktif paralel .



Variac Transformer

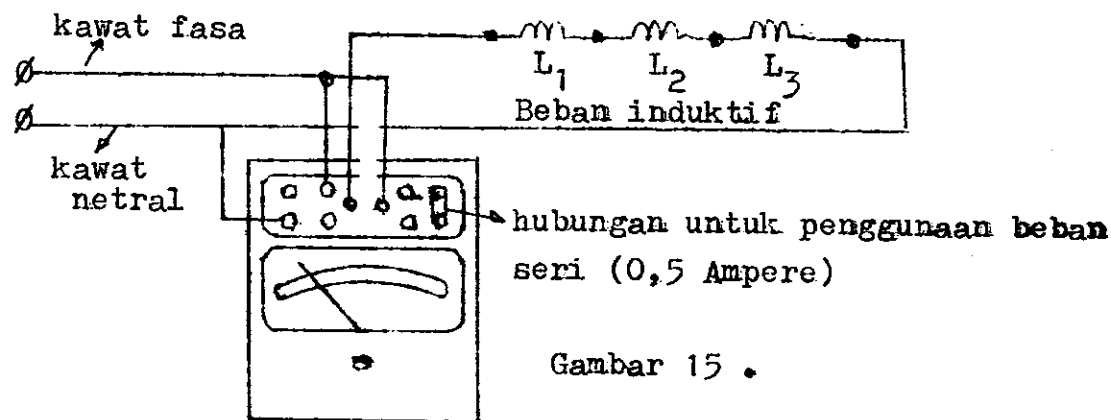
Gambar 14 .

D. ALAT DAN BAHAN PERCOBAAN .

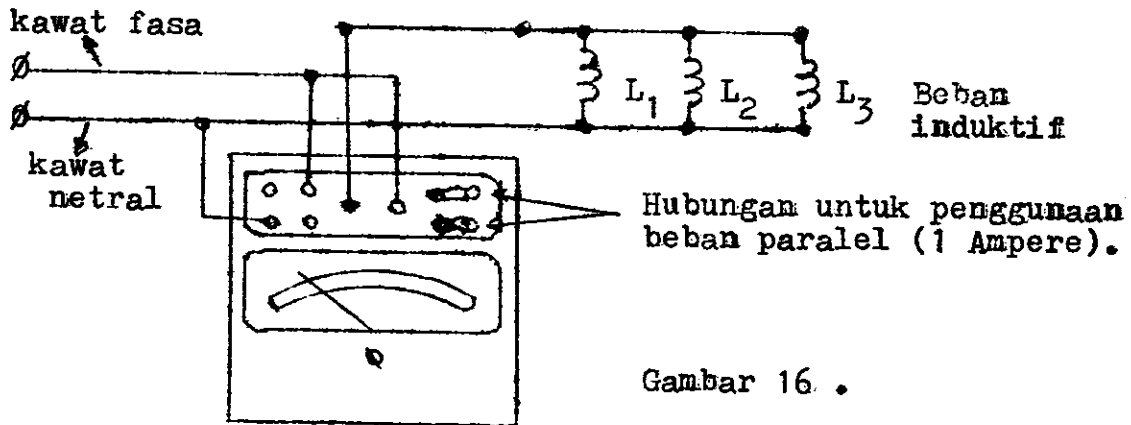
1. Alat ukur Wattmeter satu fasa merk "TAKEMOTO" PD-310 klas 0.5 satu buah .
2. Alat ukur Amperemeter AC merk "YEW" klas 1.5 atau alat ukur Amperemeter AC merk "MECCO" klas 1.0 masing-masing satu buah .
3. Alat ukur Voltmeter (Multimeter) merk "SANWA" tipe YX-360 TR satu buah .
4. VARIAC (Variable Alternating Current) Transformer 2.5A/220 V satu buah .
5. Ballast TL untuk 20 Watt/220 volt sebanyak 3 buah .
6. Saklar penghubung (ON/OFF) sebanyak satu buah .
7. Kabel penghubung sebanyak 2 buah yang panjang dan 12 buah yang pendek .
8. Papan terminal satu buah .

E. LANGKAH KERJA .

1. Sebelum saudara memulai percobaan ini, pelajari lebih dahulu jobsheet ini, terutama gambar rangkaian percobaannya .
2. Siapkan peralatan yang dibutuhkan sesuai dengan yang tercantum dalam jobsheet ini .
3. Pelajari hubungan alat ukur Wattmeter merk "TAKEMOTO" tipe PD-310 klas 0.5 secara seksama, dimana untuk penggunaan beban terhubung seri dapat dilihat seperti pada gambar 15 dibawah ini. Sedangkan untuk penggunaan beban terhubung paralel dapat dilihat gambar 16 dibawah ini .



Gambar 15 .



4. Sebelum saudara mempelajari gambar 15 dan 16 di atas, sebelum menghubungkan rangkaian percobaan, ukurlah terlebih dahulu ketiga tahanan ballast TL satu persatu dan catat pada lembaran LAPORAN SEMENTARA .
5. Lalu lakukan hubungan sesuai dengan rangkaian percobaan gambar 13 untuk menyelidiki parameter rangkaian induktif seri.
6. Perlu diingat bahwa dalam percobaan rangkaian induktif dengan beban terhubung seri maka penggunaan alat ukur Watt - meter harus disesuaikan seperti pada gambar 15 di atas .
7. Sebelum dicek oleh Dosen pembimbing saudara, jangan sekali-kali menghubungkan kabel penghubung dari VARIAC Transformer ke sumber tegangan bolak-balik 220 volt .
8. Setelah hubungan rangkaian percobaan di cek dan dinyatakan dapat dimulai pelaksanaan percobaan oleh Dosen pembimbing, maka hubungan kabel penghubung dari VARIAC Transformer ke sumber tegangan bolak-balik 220 volt .
9. Dalam posisi kedudukan nol Variable Alternating Current Transformer, maka ON-kan saklar penghubung S .
10. Kemudian, putarlah Variable AC Transformator pada kedudukan 25 volt dari alat ukur Voltmeter AC. Batas skala penunjukan alat ukur Voltmeter "SANWA" tipe YX-360 TR adalah 250 Volt.

11. Pada kedudukan VARIAC volt tersebut, amatilah penunjukan alat ukur Amperemeter dan Wattmeter . Dan catatlah hasil penunjukan tersebut pada lembaran LAPORAN SEMENTARA.
12. Selanjutnya ulangi langkah ke 10 dan 11 di atas untuk kedudukan Variable AC Transformator dari 25 volt, 50 volt, 75 volt, 100 volt, 125 volt, 150 volt, 175 volt, 200 volt, dan 225 volt .Dan amatilah setiap perubahan penunjukan alat ukur Amperemeter dan Wattmeter, lalu catatlah hasil penunjukan tersebut pada lembaran LAPORAN SEMENTARA .
13. Apabila saudara telah selesai melaksanakan percobaan menyelidiki parameter rangkaian induktif seri ini, OFF-kan saklar penghubung S dan cabutlah kabel penghubung dari sumber tegangan bolak-balik 220 volt dari outlet (kotak kontak) .
14. Setelah aman hubungan dari sumber listrik 220 volt, ubahlah rangkaian percobaan seperti pada gambar 14. untuk menyelidiki rangkaian induktif paralel .
15. Apabila telah di-cek hubungan rangkaian tersebut oleh Dosen pembimbing, maka lakukanlah sekali lagi langkah 6 hingga 13 di atas .
16. Rapikan dan kembalikan alat dan bahan yang digunakan untuk percobaan diatas pada tempat yang telah disediakan.

F. CARA PENGOLAHAN DATA .

1. Hitunglah harga-harga impedansi Z dengan rumus :

$$Z = \frac{V}{I} \text{ Ohm .}$$

2. Dan hitunglah daya semu dengan rumus :

$$S = V \times I \text{ (Volt-Ampere)}$$

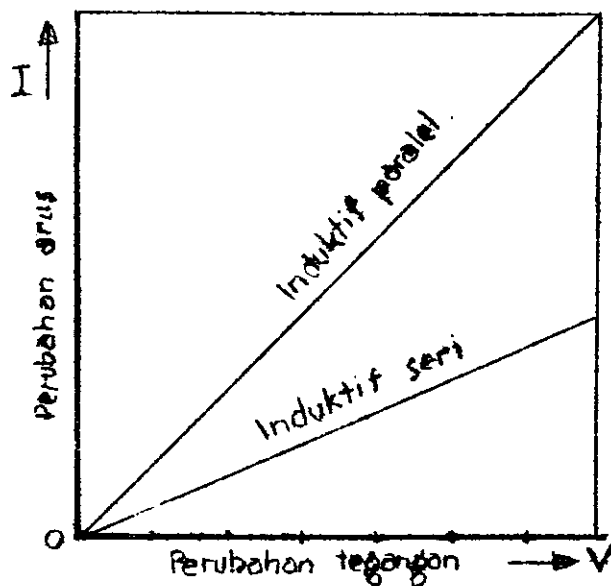
3. Serta faktor daya ($\cos \phi$) dengan rumus :

$$\cos \phi = \frac{P}{S}$$

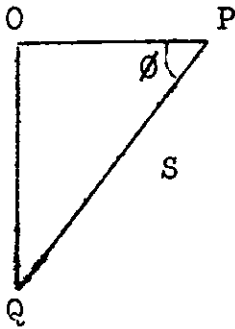
4. Kemudian mencari harga sudut ϕ dengan menggunakan daftar logaritma atau kalkulator arc tan^{-1} .
5. Dari sudut pergeseran fasa diatas, tentukan faktor reaktif $\sin \phi$ -nya .
6. Apabila telah mendapatkan harga faktor reaktif $\sin \phi$, hitunglah harga daya reaktif Q dengan rumus :

$$Q = V \times I \times \sin \phi \text{ (VAR) .}$$

7. Selanjutnya buatlah grafik perubahan arus (dI) dengan perubahan tegangan (dV), untuk skala 1 cm = 22,5 volt dan 1 cm = 0,15 Ampere (gambar 17) .
8. Lalu buatlah grafik vektor segitiga daya P, S dan Q seperti gambar 18 dibawah ini .
9. Dari hasil grafik gambar 17 dan 18 diatas untuk hasil percobaan rangkaian induktif seri dan paralel, serta hasil pengukuran dan hasil perhitungan yang telah saudara dapatkan, buatlah kesimpulan tentang :
 - a). Perbedaan arus I rangkaian induktif seri dan paralel.
 - b). Perbedaan daya P rangkaian induktif seri dan paralel.
 - c). Perbedaan impedansi Z rangkaian induktif seri dan paralel .



Gambar 17. Contoh grafik perubahan arus dengan perubahan tegangan.



Skala 1cm = Watt (P).

1cm = V A (S).

1cm = VAR (Q).

Untuk mengukur Q gunakan busur,
sesuaikan hasilnya ?

Gambar 18. Contoh Vektor diagram segitiga daya.

- d). Perbedaan faktor daya dan faktor reaktif rangkaian induktif seri dan paralel .
 - e). Dan perbedaan daya reaktif rangkaian induktif seri dan paralel .
10. Buatlah semua itu didalam laporan saudara, dengan memperhatikan tatatulis dan waktu yang tersedia .
 11. SELAMAT BEKERJA .

III. PENGARUH BEBAN BERUBAH-UBAH

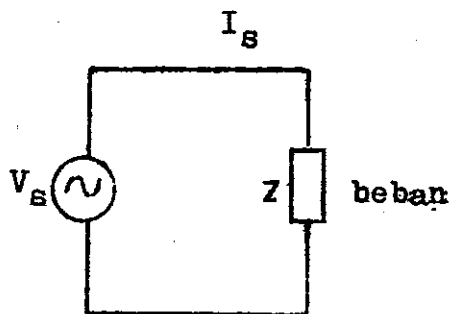
A. Tujuan

Dari hasil percobaan laboratorium diharapkan mahasiswa dapat :

- Menganalisa pengaruh perubahan beban terhadap besaran listrik yang terdapat pada suatu rangkaian listrik arus bolak-balik.
- Menghitung besaran listrik yang lain dari hasil pengukuran arus, tegangan dan daya nyata dari suatu rangkaian listrik arus bolak-balik.
- Membandingkan hasil data yang diperoleh dari setiap perubahan beban untuk dapat dianalisa perbedaannya pada setiap rangkaian listrik arus bolak-balik.
- Menggambarakan secara grafik dan vektor hasil data yang didapat untuk melihat pengaruh perubahan beban terhadap besaran listrik dari setiap rangkaian listrik.
- Menyimpulkan hasil data dan hasil grafik/vektor yang didapat dari hasil pengukuran dan perhitungan dalam bentuk laporan tertentu.

B. Teori Singkat

Suatu rangkaian listrik akan selalu dipengaruhi oleh parameter yang terdapat didalamnya. Besar kecilnya parameter itu akan mempengaruhi besaran listrik yang terdapat pada rangkaian itu .

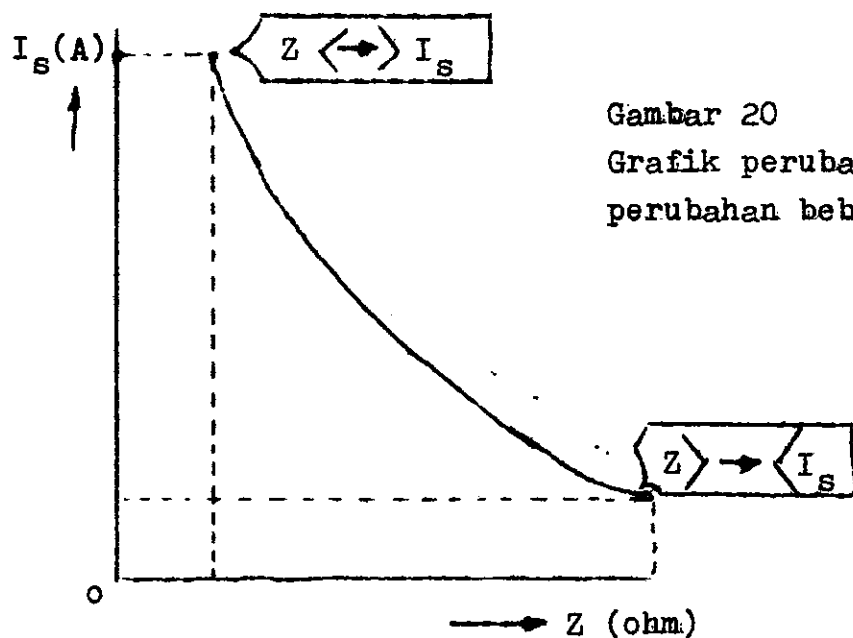


Gambar 19. Suatu rangkaian listrik dengan beban Z .

Apabila suatu beban Z kita hubungkan dengan sumber arus bolak-balik, maka besarnya arus pada rangkaian itu akan dipengaruhi oleh besarnya beban Z tadi, besarnya adalah :

$$I_S = \frac{V_S}{Z} \quad (\text{Ampere}) \quad \dots(26)$$

Apabila sumber tegangan V_S dibuat tetap, maka besarnya arus I_S akan terpengaruh dengan nilai beban Z tadi. Jika nilai Z kecil maka arus I_S akan menjadi besar, begitu juga jika nilai Z naik maka arus I_S akan turun. Secara grafik perubahan dari beban Z yang mempengaruhi besarnya arus I_S dapat kita lihat pada gambar 20 dibawah ini .



Gambar 20

Grafik perubahan arus akibat perubahan beban Z .

Seperti telah kita ketahui besarnya nilai impedansi dari suatu rangkaian tergantung pada nilai-nilai resistansi, induktansi dan kapasitansi yang terdapat pada beban itu. Apabila nilai-nilai itu diseri maka besarnya impedansinya adalah :

$$Z = R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \text{ ohm} \quad \dots (27)$$

Dan apabila nilai-nilai itu dihubungkan paralel, maka nilai impedansinya adalah :

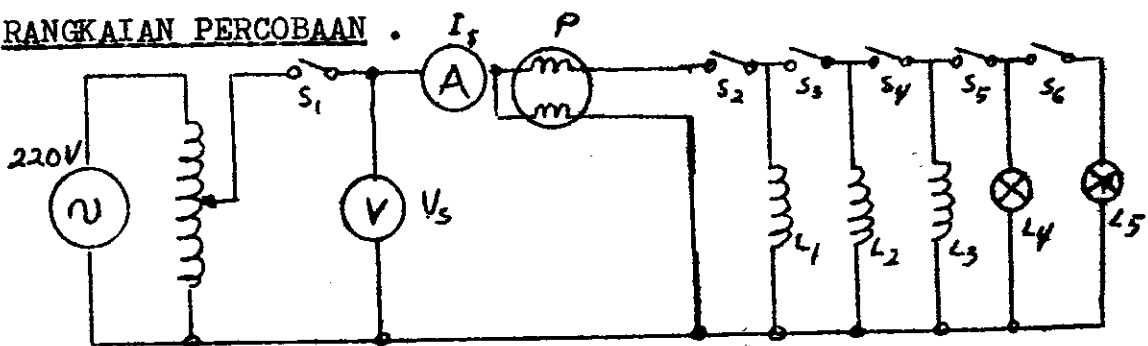
$$Z = \frac{1}{\sqrt{1/R^2 + (1/\omega L - \omega C)^2}} \text{ ohm} \quad \dots (28)$$

Besar kecilnya impedansi pada rangkaian paralel ini berbanding terbalik dengan nilai-nilai R , ωL dan ωC yang terdapat pada rangkaian itu. Maka besar nilai-nilai ini maka nilai Z makin kecil. Lainhalnya bila dihubungkan secara seri, makin besar nilai R , ωL dan ωC makin besar nilai impedansi Z .

Pada kenyataannya hubungan pada rangkaian listrik ini lebih banyak digunakan hubungan paralel dari pada hubungan seri. Oleh karena dihubungkan secara paralel, maka nilai impedansi pada rangkaian akan cenderung kecil. Dengan kecilnya nilai impedansi suatu rangkaian maka arus sumber I_s akan semakin besar.

Perubahan beban yang selalu berubah-ubah ini, terjadi apabila konsumen memakai tenaga listrik pada saat tertentu menggunakan tenaga listrik secara drastis, yaitu pada jam 17.00 sampai jam 22.00. Pada saat itulah terjadinya beban puncak dari memakai tenaga listrik, sehingga impedansinya akan turun sekecil-kecilnya. Dari perubahan itu maka akan mengakibatkan arus naik secara maksimum dan faktor daya akan turun sesuai bentuk beban induktifnya.

C. RANGKAIAN PERCOBAAN .



Gambar 21. Bentuk rangkaian percobaan .

D. ALAT DAN BAHAN PERCOBAAN.

1. Alat ukur Wattmeter merk "TAKEMOTO" PD-310 klas 0.5 : 1 buah
2. Alat ukur Amperemeter AC: merk "YEW" klas 1.5 : 1 buah
merk "MECO" klas 1.0 : 1 buah
3. Transformator AC pada sekunder "Y-300 TR
4. Load Transformer 1.5 A/250 V : 1 buah
5. Beban L_1, L_2, L_3 : 3 buah 30 W/220 V
6. Beban L_4, L_5 : 2 buah 25 W/220 V
7. Saklar pemutus : 1 buah
8. Saklar pemutus : 1 buah
9. Kabel penghubung

3. Alat ukur Voltmeter AC pada Multimeter "SANWA" XY-360: 1 buah
4. VARIAC Transformator 2.5 A/250 V : 1 buah
5. Beban L_1 , L_2 dan L_3 : ballast TL 20 W/220 V : 3 buah
- Beban L_4 , L_5 : lampu pijar 75 W/220 V : 2 buah
6. Saklar penghubung : 1 buah
7. Papan terminal : 1 buah
8. Kabel penghubung : secukupnya

E. BENTUK PERCOBAAN .

1. Percobaan 6.1 : beban L_5 = 1 lampu pijar
2. Percobaan 6.2 : beban $L_4 + L_5$ = 2 lampu pijar
3. Percobaan 6.3 : beban $L_1 + L_4$ = 1 ballast + 1 lampu
4. Percobaan 6.4 : beban $L_1 + L_4 + L_5$ = 1 ballast + 2 lampu .
5. Percobaan 6.5 : beban L_1 = 1 ballast
6. Percobaan 6.6 : beban $L_1 + L_2$ = 2 ballast
7. Percobaan 6.7 : beban $L_1 + L_2 + L_4$ = 2 ballast + 1 lampu
8. Percobaan 6.8 : beban $L_1 + L_2 + L_4 + L_5$ = 2 ballast + 2 lampu
9. Percobaan 6.9 : beban $L_1 + L_2 + L_3$ = 3 ballast
10. Percobaan 6.10: beban $L_1 + L_2 + L_3 + L_4$ = 3 ballast + 1 lampu
11. Percobaan 6.11: beban $L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5$ = 3 ballast + 2 lampu

F. LANGKAH KERJA .

1. Rangkailah peralatan yang telah anda sediakan sesuai dengan gambar rangkaian percobaan diatas, dengan beban yang akan anda mulai (percobaan 6.1 sampai 6.11 diatas).
2. Untuk menghemat peralatan yang ada, untuk setiap percobaan gunakan saklar penghubung S_1 saja. Sedangkan saklar penghubung S_2 sampai S_6 cukup anda buat langsung terhubung dengan rangkaian percobaannya, setiap kali percobaan .
3. Untuk menjaga keselamatan alat yang digunakan, setelah anda selesai merangkai rangkaian percobaan sebaiknya periksalah terlebih dahulu kepada dosen pembimbing anda .
4. ON-kan saklar S_1 setelah dihubungkan kesumber tegangan bolak balik, dan aturlah VARIAC berturut-turut dari 50 V, 100 V, 150 V, 200 V dan terakhir 220 Volt,

5. Setiap perubahan V_s hendaknya dicatat harga arus I_s & daya nyata P dari alat ukur Amperemeter AC dan Wattmeter AC, pada tabel pengukuran yang telah disediakan .
6. Setiap kali selesai satu percobaan, OFF-kan saklar S_1 dan ubahlah rangkaian percobaan sesuai dengan percobaan berikutnya .
7. Apabila anda telah selesai seluruh percobaan diatas, OFF-kan S_1 dan cabut hubungan dari sumber tegangan 220 Volt.
8. Rapiakan peralatan yang telah anda gunakan dan letakan pada tempat yang telah disediakan .
9. Buatlah laporan sementara sesuai dengan tabel yang telah disediakan .

G. CARA PENGOLAHAN DATA .

1. Hasil perhitungan
 Pengolahan data untuk menghitung harga impedansi Z , daya semu S , faktor daya $\cos \theta$, sudut pergeseran fasa θ° , faktor reaktif $\sin \theta$ dan daya reaktif Q , hampir sama dengan cara pengolahan data sebelumnya .
2. Hasil Grafik dan Vektor Diagram.
 - a). Grafik Perubahan Arus I_s terhadap Perubahan Impedansi Z .
 Untuk membuat grafik ini anda hanya mengambil data arus I_s & impedansi Z dari setiap percobaan 6.1 sampai 6.11 unteganan 220 V saja. (lihat gambar 20 pada teori singkat).
 - b). Grafik Perubahan Arus I_s Terhadap perubahan Tegangan V_s .
 Grafik ini sama dengan grafik-grafik pada percobaan yang lalu yaitu $I_s = f.(V_s)$. Buatlah setiap tegangan 220 volt data arus I_s & tegangan V_s grafiknya dalam satu grafik saja .
 - c). Grafik Diagram Vektor Segitiga Daya .
 Buatlah setiap percobaan grafik diagram vektor segitiga daya dengan mengambil data pada setiap tegangan 220 V data daya nyata P , daya semu S dan daya reaktif Q .

Ukurlah besarnya sudut yang terjadi antara daya nyata P dengan daya semu S dengan menggunakan busur. Cocoklah dengan hasil perhitungan anda .

H. HASIL KESIMPULAN .

1. Apakah hasil grafik 1 yang telah anda buat dari hasil data yang didapat dari percobaan anda sesuai dengan grafik pada gambar 20 ? Kalau tidak mengapa demikian? utarakan alasannya !.
2. Bagaimana hasil perubahan impedansi Z yang telah anda buat dari grafik 2 untuk setiap perubahan beban ? Hubungkanlah hasil grafik ini terhadap besarnya faktor daya yang terjadi pada setiap percobaan .
3. Diantara percobaan 6.1 sampai 6.11, mana yang paling baik faktor daya yang terjadi ? Mengapa demikian halnya ? Uta-
kan alasan anda !
4. Bandingkanlah perubahan-perubahan yang terjadi dari beban dengan lampu pijar dan ballast, Yaitu percobaan 6.1, 6.2 dengan percobaan 6.5, 6.6 dan 6.9. Apa yang menarik dari data kedua beban tersebut ? Uta-
kan alasan anda !
5. Coba anda perhatikan hasil data beban campuran, antara per-
cobaan 6.3, 6.4, 6.7, 6.8 dan 6.10 serta 6.11. Apa yang me-
narik dari hasil percobaan ini ? Coba bandingkan dengan
percobaan yang lain. Jelas ada pengaruhnya bukan ? Coba
ungkapkan alasan anda .
6. Dari hasil data yang telah anda buat, bagaimana kesimpulan
anda tentang hasil perubahan beban antara beban lampu de -
ngan beban ballast, begitu pula dengan beban campuran.
Perlu diingat bahwa dalam kehidupan sehari-hari kedua macam
beban ini sering digunakan .

IV. PENGARUH KAPASITANSI PADA BEBAN INDUKTIF PARALEL

A. TUJUAN.

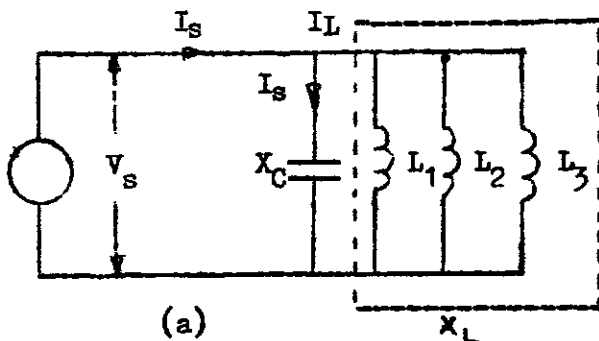
Dari hasil percobaan laboratorium diharapkan mahasiswa dapat :

1. Menganalisa perubahan-perubahan arus, daya P, S dan Q, impedansi Z, dan faktor daya $\cos \theta$ serta faktor reaktif $\sin \theta$ akibat perubahan kapasitansi yang dipasang paralel dengan beban induktif .
2. Menggambar grafik dari perubahan-perubahan besaran diatas , untuk melihat kenaikan impedansi, faktor daya daya reaktif secara bertahap.
3. Membuat kesimpulan dari hasil data yang diperoleh dari percobaan tersebut dalam bentuk laporan praktikum .

B. TEORI SINGKAT.

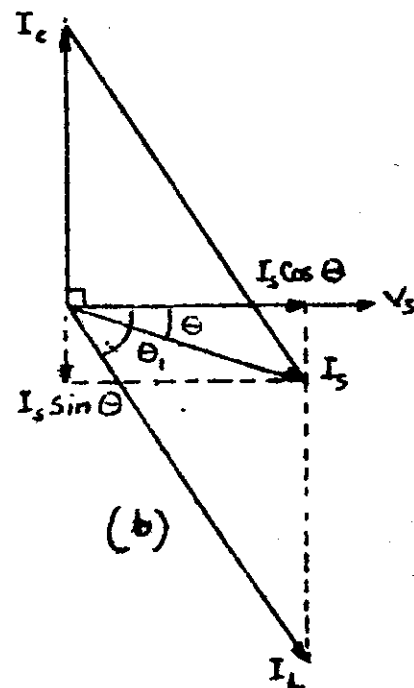
Akibat pengaruh reaktansi induktif X_L pada beban induktor akan menyebabkan pergeseran antara arus dan tegangan sebesar θ° listrik, dimana tegangan akan mendahului arus dengan ketentuan arah putaran vektor kekiri.

Apabila suatu rangkaian induktif paralel kita hubungkan sebuah kapasitor, gambar 22 a, maka besarnya I_S akan dipengaruhi oleh I_C dan I_L lihat gambar 22 b .



Gambar 22a. Rangkaian induktif paralel dengan rangkaian kapasitif.

22b. Vektor Diagram arus rangkaian 22a.



Pada diagram vektor 22b diatas , arus I_L dalam beban induktif akan mendahului tegangan V_S sebesar sudut θ_1 . Sedangkan arus I_C akan mendahului tegangan V_S sebesar 90° (dianggap nilai $C =$ murni).

Dari resultante arus I_L dan I_C diatas maka besarnya arus I_S adalah

$$\overline{I_S} = \overline{I_L} + \overline{I_C} . \quad \dots (29).$$

Sehingga arus I_S ini dapat mengiringi tegangan V_S . Besarnya arus I_C dan I_L tergantung pada besarnya reaktansi yang terjadi pada rangkaian itu . Karena rangkaian induktif dihubungkan secara paralel, maka tegangan pada rangkaian itu sama, sehingga :

$$\frac{V_S}{Z} = \frac{V_S}{X_C} + \frac{V_S}{X_L} . \quad \dots (30).$$

Karena tegangan sama, maka besarnya impedansi rangkaian induktif paralel :

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{X_C} + \frac{1}{X_L} . \quad \dots (31).$$

Apabila besarnya arus I_S itu adalah $I_S \cos \theta$ maka besarnya daya P rangkaian itu adalah :

$$P = V_S \cdot I_S \cos \theta . \text{ (watt)}. \quad \dots (32).$$

Kalau $I_S \sin \theta$ merupakan arus reaktif maka besarnya daya reaktif Q adalah :

$$Q = V_S \cdot I_S \sin \theta \quad \text{(VAR)}. \quad \dots (33).$$

Dari persamaan diatas dapat diperoleh besarnya daya semu, yaitu :

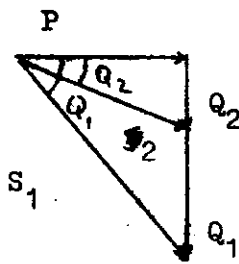
$$S = V \sqrt{P^2 + Q^2} . \quad \dots (34).$$

$$\text{atau :} \quad S = V V_S^2 (I_S \cos \theta + I_S \sin \theta)^2 \quad \dots (35).$$

Faktor daya dan faktor reaktif dari rangkaian tersebut adalah :

$$\cos \theta = \frac{P}{V_S \cdot I_S} . \quad \dots (36).$$

$$\sin \theta = \frac{Q}{V_S \cdot I_S} . \quad \dots (37).$$



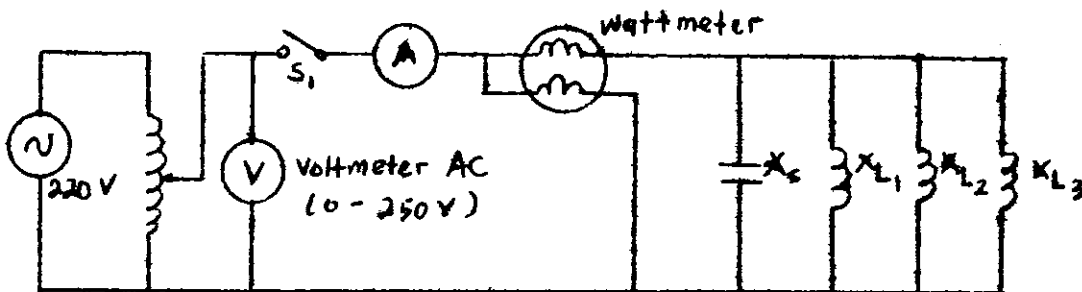
Dari harga daya aktif P , daya semu S dan daya reaktif Q serta memperhatikan sudut pergeseran fasanya maka dapat kita gambarkan vektor segitiga daya dari rangkaian tersebut seperti gambar 23 .

Gambar 23. Segitiga daya rangkaian induktif paralel.

Dengan adanya pengaruh kapasitansi pada rangkaian induktif paralel ini akan didapat :

1. Apabila daya aktif P dianggap tetap, maka daya reaktif akan menjadi kecil dari semula, yaitu Q_2 yang semula tanpa pengaruh kapasitansi daya reaktifnya adalah Q_1 .
2. Sudut pergeseran fasa akan lebih kecil dari semula yaitu $\angle \theta_2$, yang semula sebesar $\angle \theta_1$. Yang terbaik pengaruh kapasitansi ini apabila $\cos \theta = 0$ atau besarnya daya semu = daya aktif .

C. RANGKAIAN PERCOBAAN .



Gambar 24. Bentuk rangkaian percobaan .

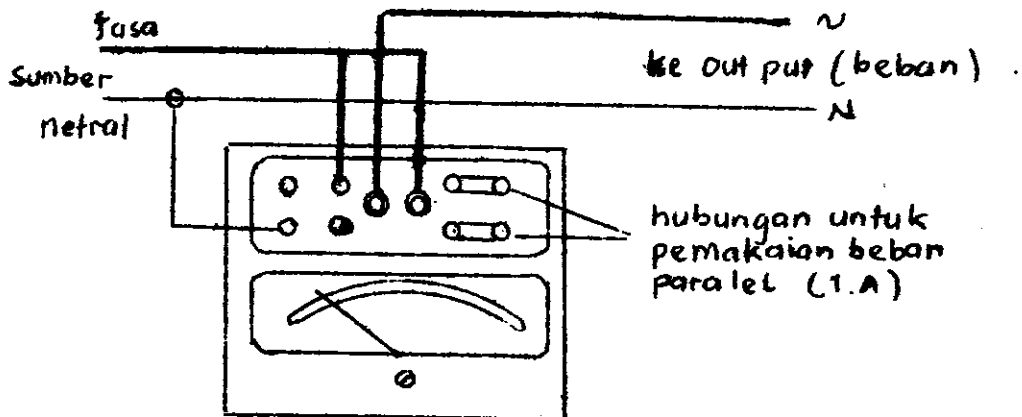
D. ALAT DAN BAHAN PERCOBAAN .

1. Alat ukur Wattmeter satu fasa klas 0,5 1 buah.
2. Alat ukur Amperemeter AC :
 - a. Merk "YEW" klas 1,5 skala 0,25 A, 0,5 A dan 1 A 1 buah.
 - b. Merk "MECCO" klas 1,0 skala 1.2 A dan 6 A 1 buah.
3. Alat ukur Multimeter merk "SANWA" YX - 360 TR untuk penggunaan Voltmeter AC batas skala 250 Volt. 1 buah.
4. Ballast 20 watt/ 220 V 3 buah.

- | | |
|--|--------------|
| 5. VARIAC (Variable Alternating Current) Transformer 2.5 A/250 V | 1 buah. |
| 6. Kapasitor AC : 4.75 μ F, 9 μ F dan 13.5 μ F/250 V | 3 buah. |
| 7. Saklar penghubung | 1 buah. |
| 8. Papan terminal | 1 buah. |
| 9. Kabel penghubung | secukupnya . |

E. LANGKAH KERJA .

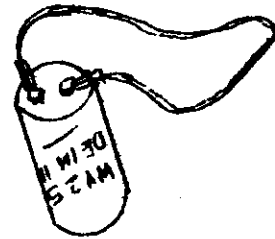
1. Hubungkan peralatan yang telah anda sediakan sesuai dengan gambar 24 diatas .
2. PERHATIKAN karena hubungan rangkaian percobaan paralel ini menghasilkan arus sebesar 1.4 maka untuk menjaga keselamatan alat ukur tersebut , rangkailah wattmeter AC dengan hubungan paralel sesuai gambar pada tutupnya, seperti gambar 25 dibawah ini .
3. Sedangkan untuk tegangannya digunakan 240 volt, yang berarti hasil penunjukan jarum penunjuk dikalikan 2 (2).
4. Karena rangkaian percobaan merupakan hubungan paralel berarti tegangan pengukuran hingga sampai 220 volt AC saja. Hal ini mengingat beban yang digunakan mempunyai batas hingga 220 V.



Gambar 25. Hubungan untuk penggunaan Wattmeter .

5. Dalam percobaan ke-3 ini , anda harus melakukan 4 kali percobaan yaitu :

- a. Percobaan 3.1. Untuk rangkaian induktif paralel tanpa menggunakan kapasitor, yaitu melihat perubahan dari besaran listrik yang akan diselidiki tanpa pengaruh kapasitansi.
 - b. Percobaan 3.2. Untuk rangkaian induktif paralel dengan pengaruh kapasitansi sebesar $4,5\mu\text{F}$.
 - c. Percobaan 3.3. Untuk rangkaian induktif paralel dengan pengaruh kapasitansi sebesar $9\mu\text{F}$.
 - d. Percobaan 3.4. Untuk rangkaian induktif paralel dengan pengaruh kapasitansi sebesar $13,5\mu\text{F}$.
6. PERHATIKAN untuk menjaga keselamatan kita semua alangkah lebih baiknya sebelum menggunakan kapasitor kita menghubungkan pendekkan (meng-short) terminal pada kapasitor tersebut, seperti gambar 26. Juga berarti berhati-hatilah didalam percobaan dengan tegangan 220 volt AC ini .
7. Apabila hubungan rangkaian percobaan telah dicek oleh Dosen pembimbing, hubungkanlah dengan sumber tegangan 220 V.
8. Aturlah VARIAC Transformator setahap demi setahap, setiap kali percobaan , dan catatlah data yang terukur pada alat ukur, dan tulislah dalam tabel yang disediakan .
9. Setiap pergantian percobaan diharapkan anda mencabut atau mematikan sumber tegangan 220 V .
10. Untuk memudahkan didalam percobaan hendaknya alat ukur Ampermeter AC merk "MECCO" didekatkan dengan merk "YEW", agar pada saat pemindahan skala ukur tidak terlalu jauh .
11. Untuk percobaan 3.1. gunakanlah alat ukur Ampermeter AC merk "MECCO" sebab jarum penunjukan akan lebih besar sekitar 1.4 A , oleh sebab itu gunakan batas ukur 1.2 A untuk tegangan sampai 175 V lalu pindah ke-6 A hingga 220 V .



Gambar 26. Cara menghubungkan singkat kapasitor.

12. Untuk percobaan 3.2 gunakan 2 alat ukur Amperemeter diatas pada batas ukur 1 A untuk merk "YEW" hingga tegangan 150 V, lalu merk "MECCO" untuk batas ukur 1.2 A hingga 220 V .
13. Pada percobaan 3.3 dan 3.4 cukup , anda gunakan alat ukur merk "YEW" untuk batas ukur 0.25 A hingga 50 V, lalu pindah kebatas ukur 1 A hingga 220 V .
14. Apabila anda telah selesai mengerjakan percobaan 3.1, 3.2, 3.3 dan 3.4, rapikan peralatan yang digunakan dan letakan pada tempat semula. Lalu buatlah laporan sementara sesuai lembaran yang telah diberikan, catat data yang tertera pada kertas laporan anda, selengkap mungkin. Berikan pada Dosen pembimbing 1 laporan untuk 2 orang. Sedangkan laporan lengkap percobaan ini setiap orang satu laporan.
15. Tanyakan kesulitan anda pada Dosen pembimbing, agar dapat dipecahkan bersama . SELAMAT BEKERJA .

F. CARA PENGOLAHAN DATA.

1. Hitung besarnya impedansi Z dengan rumus :

$$Z = \frac{V_s}{I_s} \quad (\text{Ohm}). \quad \dots (38).$$

2. Daya semu S dengan rumus :

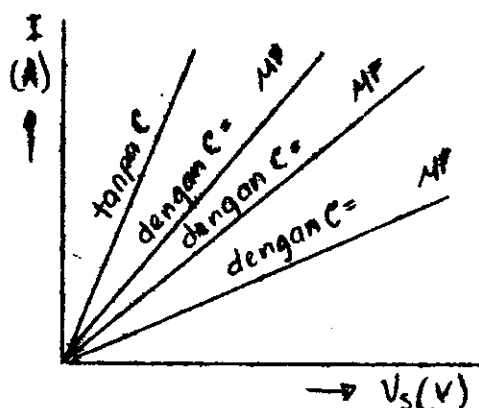
$$S = V_s \cdot I_s \quad (\text{VA}). \quad \dots (39).$$

3. Faktor daya Cos θ :

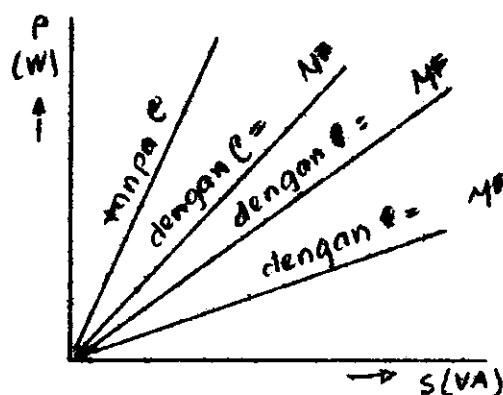
$$\text{Cos } \theta = \frac{P}{V_s \cdot I_s} . \quad \dots (40).$$

4. Besarnya sudut $\angle \theta$ dapat dihitung dari perubahan Cos θ dengan menggunakan kalkulator atau daftar logaritma .
5. Faktor reaktif Sin θ dapat anda peroleh dari perubahan $\angle \theta$ dengan menggunakan kalkulator atau daftar logaritma .
6. Daya reaktif $Q = V_s \cdot I_s \text{ Sin } \theta$ atau $Q = S \cdot \text{Sin } \theta \text{ (VAr)}$ (41).
7. Apabila semua data telah anda hitung, lalu buatlah grafik impedansi seperti gambar 27 dibawah ini. Lalu grafik perubahan Faktor daya seperti gambar 28 dan grafik vektor segitiga daya seperti gambar 29 dibawah ini.

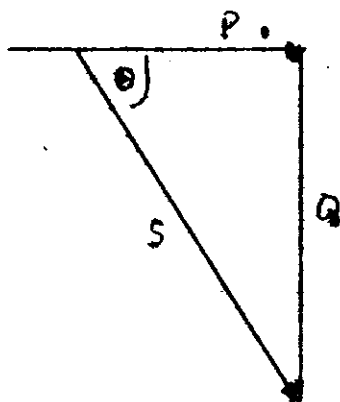
Buat grafik tersebut dalam kertas milimeter dengan skala 10x10 cm.



Gambar 28. Grafik perubahan impedansi Z .



Gambar 28. Grafik perubahan faktor daya.



Gambar 29. Vektor segitiga daya untuk percobaan _____.

8. Buatlah grafik segitiga daya ini dari percobaan 3.1 - 3.4 dan ukurlah sudut θ dengan busut, cocokkan dengan hasil perhitungan anda ?

G. PERTANYAAN .

1. Bagaimana hasil grafik perubahan impedansi dari beban induktif sebelum dan sesudah pengaruh kapasitansi ? .
2. Berapa besarnya perubahan faktor daya, faktor reaktif dan daya reaktif sebelum dan sesudah pengaruh kapasitansi ? .
3. Bagaimana hasil pengaruh nilai kapasitansi 4.75 F, 9 F, 13.5 F terhadap besaran yang anda selidiki ? Mana yang paling baik pengaruhnya dari nilai kapasitansi di atas ? .

4. Bagaimana hasil perubahan arus I_s sebelum dan sesudah pengaruh kapasitansi ? .

JAWAB :

Buatlah jawaban anda ini dalam kesimpulan laporan praktikum karena semua pertanyaan menjurus untuk membantu anda membuat kesimpulan .
Buat laporan anda serapi dan sebgus anda bekerja .

S E L A M A T B E K E R J A

V. PENGARUH PERUBAHAN KAPASITANSI TERHADAP ARUS LISTRIK

TUJUAN

Dari percobaan di Laboratorium diharapkan mahasiswa dapat:

- a. Menganalisa pengaruh perubahan kapasitansi dari suatu kapasitor terhadap arus listrik pada suatu rangkaian listrik.
- b. Menghitung besarnya kapasitas dari kapasitor yang dibuat terhadap arus listrik yang terjadi pada rangkaian.
- c. Membandingkan hasil data pengukuran yang didapat, terhadap hasil perhitungan untuk arus I_S , I_C dan I_L serta besarnya sudut pergeseran fasa yang terjadi.
- d. Membuat grafik pengaruh nilai kapasitansi dari kapasitor terhadap arus I_C , I_S dan I_L .
- e. Membuat vektor diagram arus dari hasil data yang didapat untuk menganalisa perubahan arus akibat pengaruh perubahan kapasitansi dari kapasitor yang dibuat.
- f. Menyimpulkan hasil data pengukuran dan perhitungan serta hasil grafik dan vektor diagram yang didapat dari percobaan di Laboratorium dengan teori yang didapat.

TEORI SINGKAT

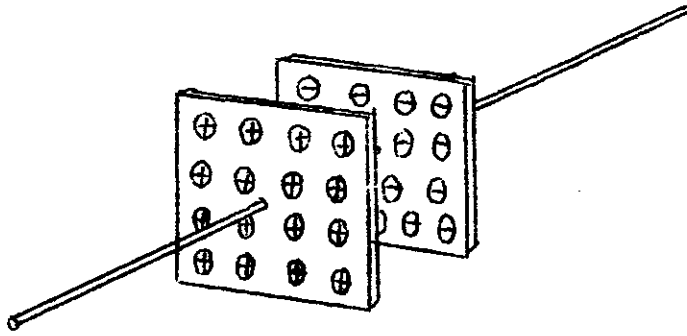
Kondensator adalah dua buah lempeng sejajar yang berdekatan dan diberi muatan yang sama tetapi berlawanan jenis. Tiap kapasitor (kondensator) mempunyai kapasitansi yang dinamakan dengan C (kapasitansi), sebagai perbandingan antara muatan (Q) dari salah satu penghantarnya dengan beda potensial (V) :

$$\text{atau } C = \frac{Q}{V} \dots \dots \dots (1.2)$$

Keterangan :

- C = kapasitas kondensator (F)
- Q = muatan kondensator, (Coulomb)
- V = beda potensial antara kedua lempeng (penghantar) (Volt)

lihat gambar di bawah ini ,



Gambar 30

Untuk mendapatkan harga kapasitansi kondensator yang besar atau kecil dengan tanpa merubah konstruksi dari suatu kondensator dapat dilakukan dengan menghubungkan kondensator secara seri dan secara paralel, hal ini tergantung dari keinginan pemakai apakah ingin harga yang besar atau harga yang kecil. Hanya saja pada kondensator ini terjadi perbedaan yang berlawanan sifatnya dengan resistor, di mana untuk kondensator hubungan seri harganya menjadi kecil dan untuk kondensator hubungan paralel harganya menjadi besar.

Seperti telah kita ketahui bahwa nilai kapasitansi dari suatu kapasitor akan dipengaruhi oleh :

- a. luasnya pelat-pelat yang terdapat pada kapasitor itu
- b. jarak antara kedua pelat atau tebalnya dielektrikum dan
- c. bahan dielektrikum yang digunakan, misalnya udara, mika kertas berlilin dan sebagainya.

Apabila kita menghubungkan kapasitor secara seri maupun paralel, akan terjadi perubahan kapasitansi total dari hasil hubungan itu, yang besarnya berlawanan dengan nilai resistansi apabila dihubungkan suatu resistor dengan cara yang sama.

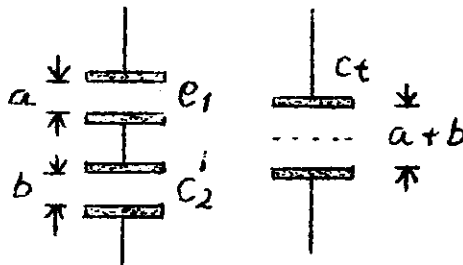
Dengan menghubungkan secara seri suatu kapasitor, berarti kita akan memperkecil nilai kapasitansi totalnya. Karena dengan menghubungkan secara seri berarti sama dengan

apabila kita memperbesar jarak antara pelat-pelatnya. Dengan demikian maka kemampuan dari kapasitor akan berubah apabila jarak antara pelat-pelatnya berubah. Kemampuan itu akan meningkat apabila pelat-pelatnya didekatkan. Dari persamaan di bawah ini nilai kapasitansi C pada hubungan seri akan menjadi :

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \text{ (farad) } \dots \dots \dots 43$$

atau :

$$C_t = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} \text{ (farad) } \dots \dots \dots 44$$



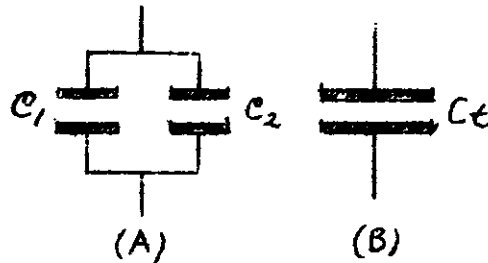
Gambar 31

- a. Dua buah kapasitor dihubungkan secara seri.
- b. Perubahan jarak plat yang terjadi dari hubungan seri.

Sedangkan apabila kita memparalelkan suatu kapasitor maka nilai kapasitansi total akan bertambah, sebab dengan memparalelkan suatu kapasitor berarti memperlebar luas pelat yang dapat menerima muatan menjadi lebih besar. Pada pelat yang luas akan lebih banyak menerima kelebihan elektron dari pada pelat yang kecil sehingga dapat menyimpan muatan lebih banyak. Dengan demikian mampu melepaskan elektron lebih banyak dan mampu menyimpan muatan lebih besar dari pada pelat yang kecil. Jadi dengan memperbesar luas pelat berarti memperbesar kapasitansi, yang besarnya adalah :

C_t = C₁ + C₂

$$C_t = C_1 + C_2 \text{ (farad) 45}$$



Gambar 32

- A. Dua buah kapasitor yang dihubungkan paralel.
- B. Perubahan lebar luas pelat yang terjadi dari hubungan paralel.

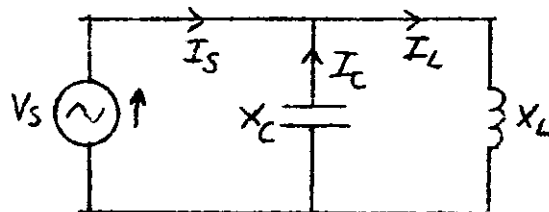
Besar kecilnya nilai kapasitansi tersebut akan mempengaruhi nilai reaktansi kapasitifnya. Apabila nilai kapasitansi C besar maka nilai reaktansi kapasitif X_C akan menjadi kecil, begitu pula apabila nilai kapasitansi C kecil maka nilai reaktansi kapasitif akan menjadi besar.

Apabila suatu kapasitor kita paralelkan dengan suatu indikator, yang berarti tegangan pada ujung-ujung kedua komponen tersebut sama, maka besar kecilnya arus yang mengalir pada kedua komponen tersebut, tergantung pada besarnya nilai-nilai reaktansinya, yang besarnya :

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \text{ (ohm) 46}$$

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \text{ (ohm) 47}$$

untuk induktor (46) dan untuk kapasitor (47)



Gambar 33

Besar kecilnya arus yang terdapat pada rangkaian tersebut dapat dikatakan : Jika nilai $X_C > X_L$ maka besarnya arus $I_C < I_L$, begitu pula jika $X_C < X_L$ maka besarnya arus $I_C > I_L$. Sehingga akibat perubahan nilai-nilai reaktansi dari kedua komponen X_C dan X_L ini, akan mempengaruhi arus sumber I_S .

Pada rangkaian paralel dengan tegangan pada ujung-ujung komponen sama, apabila nilai reaktansi $X_L < X_C$ sehingga akibat perubahan nilai-nilai arus $I_L > I_C$ maka besarnya arus sumber I_S adalah :

$$I_S = I_L - I_C \text{ (ampere) 48}$$

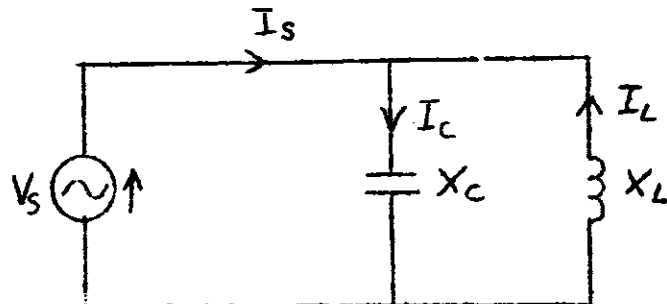
Dari persamaan di atas, peredaran arus dalam rangkaian paralel tersebut akan menjadi I_L lebih besar (lihat gambar 33). Akan tetapi apabila nilai reaktansi $X_C < X_L$ maka arus $I_C > I_L$, sehingga besarnya arus sumber I_S akan berubah menjadi :

$$I_S = I_C - I_L \text{ (ampere) 49}$$

Pada persamaan (48) besarnya arus I_C lebih kecil dari pada arus I_L . Hal ini disebabkan nilai kapasitansi dari kapasitor kecil, sehingga mempengaruhi besarnya reaktansi kapasitifnya. Karena nilai reaktansi kapasitif besar maka besarnya arus I_C kecil. Sedangkan pada persamaan 49 besarnya arus I_C lebih besar dari arus I_L . Hal ini karena nilai kapasitansi dari kapasitor besar, yang mengakibatkan nilai reaktansi kapasitif kecil sehingga arus yang mengalir pada kapasitor akan jadi besar. Dengan kata lain pada kapasitor yang besar nilai kapasitansinya, akan menyimpan muatan yang lebih besar sehingga arus menjadi besar yang mengalir pada kapasitor. Apabila nilai kapasitansinya kecil muatan yang terdapat pada kapasitor akan lebih cepat dilucuti sehingga arus I_C menjadi kecil.

Karena nilai kapasitansi besar, yang mengakibatkan

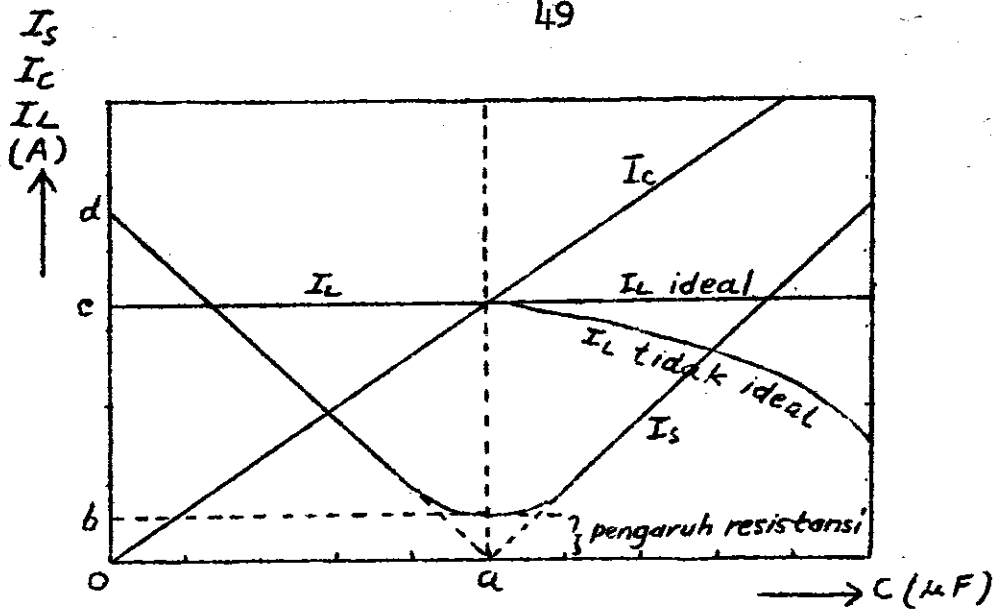
arus I_C besar, maka peredaran arus pada rangkaian itu akan berubah seperti pada gambar 34 di bawah ini.



Gambar 34

Peredaran arus dimana nilai arus I_C lebih besar dari pada I_L .

Kejadian tersebut disebabkan karena pada rangkaian paralel yang mempunyai nilai $X_C = X_L$ telah terjadi peredaran arus lingkaran dalam antara komponen L dan C yang disebut dengan arus peredaran (circulating current). Keadaan yang demikian ini akan mengakibatkan faktor daya rangkaian tersebut sama dengan satu, yang berarti daya nyata P sama dengan daya semu S. Peristiwa yang mengakibatkan nilai $X_C = X_L$ ini disebut resonansi. Berhubung nilai $I_C = I_L$ yang terjadi pada rangkaian paralel maka resonansi ini dikatakan resonansi paralel. Secara grafik(kurva) bentuk pengaruh kapasitansi terhadap arus pada rangkaian paralel ini dapat diperlihatkan pada gambar 35 di bawah ini.



Gambar 35

Bentuk kurva pengaruh kapasitansi terhadap arus I_S , I_L , dan I_C pada rangkaian paralel.

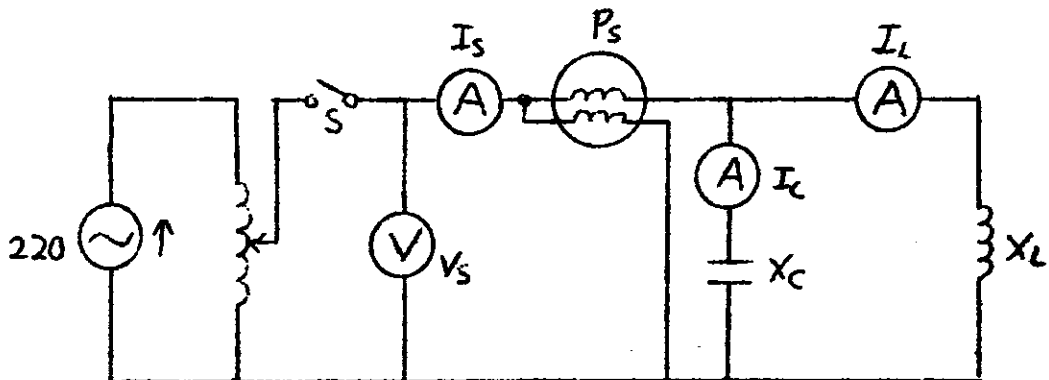
Untuk nilai reaktansi murni dimana $X_C = X_L$ sehingga arus $I_C = I_L$ maka nilai arus I_S menjadi nol, pada grafik ditentukan pada titik a .

Oleh karena nilai reaktansi induktif biasanya mempunyai harga yang tidak murni, dalam arti masih mengandung nilai resistansi, maka pada saat $I_C = I_L$ dengan kapasitor bernilai a F akan mempengaruhi arus I_S hanya sampai harga b ampere (lihat grafik). Besarnya arus $I_S = b$ ampere ini merupakan arus yang terjadi karena dalam rangkaian tersebut masih mengandung resistansi. Karena nilai reaktansi induktif telah dipengaruhi oleh nilai reaktansi kapasitif sehingga hanya tertinggal nilai resistansinya maka pada saat itu arus I_S akan sefasa dengan tegangan V_S . Dengan demikian daya P pada rangkaian itu harganya sama dengan harga daya semunya yaitu $V_S \times I_S$.

Pada rangkaian yang mempunyai nilai reaktansi induktif tetap besarnya arus I_L akan konstan sebesar c Ampere (lihat grafik). Tetapi karena nilai resistansi yang terdapat pada komponen induktor ikut berubah karena pengaruh suhu maka besarnya arus I_L akan berubah pada saat kapasitor mempunyai

nilai kapasitansi yang besar.

RANGKAIAN PERCOBAAN



Gambar 36

Bentuk rangkaian percobaan

ALAT DAN BAHAN PERCOBAAN

- | | |
|---|------------|
| a. Alat ukur Wattmeter merk "TAKEMOTO PD - 310" Kelas 0.5 | |
| 1 buah | |
| b. Alat ukur Amperemeter AC merk "MECO" kelas 1.0 | 2 buah |
| c. Alat ukur Amperemeter AC merk "YEW" kelas 1.5 | 1 buah |
| d. Alat ukur Voltmeter AC merk "SANWA YX-360TR" | 1 buah |
| e. Variac (Variable Alternating Current) Transformer | 1 buah |
| f. Ballast 20 W/220 V | 1 buah |
| g. Kapasitor AC: $4.75\mu\text{F}$, $9\mu\text{F}$ dan $13.5\mu\text{F}$ masing ² | 1 buah |
| h. Saklar penghubung | 1 buah |
| i. Papan terminal | 1 buah |
| j. Kabel penghubung | secukupnya |

BENTUK PERCOBAAN

- Percobaan 5.1 dengan kapasitor 4.75 , 9 dan $13.5\mu\text{F}$ diseri
- Percobaan 5.2 dengan kapasitor $4.75\mu\text{F}$ diseri dengan $9\mu\text{F}$

- c. Percobaan 5.3 dengan kapasitor $4.75\mu\text{F}$ diseri dengan $13.5\mu\text{F}$
- d. Percobaan 5.4. dengan kapasitor $4.75\mu\text{F}$
- e. Percobaan 5.5. dengan kapasitor $9\mu\text{F}$ diseri dengan $13.5\mu\text{F}$.
- f. Percobaan 5.6. dengan kapasitor $9\mu\text{F}$
- g. Percobaan 5.7 dengan kapasitor $13.5\mu\text{F}$
- h. Percobaan 5.8 dengan kapasitor 4.75 diparalel dengan $13.5\mu\text{F}$
- i. Percobaan 5.9 dengan kapasitor $9\mu\text{F}$ diparalel dengan $13.5\mu\text{F}$
- j. Percobaan 5.10 dengan kapasitor $4.75\mu\text{F}$, $9\mu\text{F}$ dan $13.5\mu\text{F}$ diparalel.

LANGKAH KERJA

1. Hubungkanlah peralatan yang telah anda sediakan sesuai rangkaian percobaan gambar 36 di atas.
2. Dalam pe cobaan ini hubungan rangkaian percobaan tidak perlu diubah ke seluruhnya, yang penting merubah hubungan pada kapasitornya sesuai dengan bentuk percobaan 5.1 - 5.10
3. Setiap pergantian langkah kerja percobaan, perlu diperhatikan di sini :
Hubung singkatan kapasitor yang akan Anda gunakan dalam setiap percobaan, karena akan membahayakan diri Anda bila terjadi ledakan.
4. Setiap kali pergantian percobaan cekkan dulu pada dosen pembimbing baru hubungkan dengan sumber tegangan 220 volt, Onkan switch S dan putarlah Variac pada kedudukan tegangan 50 volt. Amati pergerakan jarum penunjuk meter lalu catatlah pada tabel yang tersedia.
5. Lakukan pengamatan Anda dengan mengatur tegangan sumber setahap demi setahap dari 50 volt, 100 volt, 150 volt, 200 volt dan terakhir 220 volt, dengan mengatur variable Alternating current transformer.

6. Catatlah setiap tahap penunjukkan amperemeter, watmeter pada tabel yang telah disediakan, setelah Anda mengamati jarum penunjukan dengan teliti dan cermat.
7. Setiap kali jarum melewati batas yang telah ditentukan pindahkan pada skala yang lebih besar.
8. Karena pada saat kapasitor dihubungkan paralel, arus I_C dan I_L menjadi besar. Oleh sebab itu untuk penunjukan arus I_C dan I_L gunakan Amperemeter AC merk "MECO" pada skala 6 A.
9. Apabila Arus I_S juga mulai melewati batas ukur 1 A dari Amperemeter merk "YEW" maka diharapkan anda dapat menggantikannya dengan alat ukur amperemeter merk "MECO" pada skala 6 A.
10. Apabila anda telah selesai melakukan percobaan 5.1 sampai percobaan 5.10, offkan saklar S dan cabutlah hubungan dari sumber tegangan 220 volt.
11. Bersihkan dan rapikan peralatan yang telah anda gunakan dan letakkan pada tempat semula.
12. Buatlah laporan sementara sesuai tabel yang diberikan.

CARA PENGOLAHAN DATA

a. Hasil perhitungan

1. Untuk mencari besaran impedansi Z , reaktansi induktif X_L , reaktansi kapasitif X_C , daya semu S , $\cos \theta$, $\angle \theta$, $\sin \theta$ dan daya reaktif Q lihat pada jobsheet sebelumnya.
2. Untuk mencari harga kapasitansi dari kapasitor yang telah anda buat :
 - a). dua buah kapasitor diseri, lihat persamaan 44 di atas.
 - b). tiga buah kapasitor diseri digunakan persamaan:

$$C_t = \frac{C_1 \cdot C_2 \cdot C_3}{C_1 \cdot C_2 + C_2 \cdot C_3 + C_3 \cdot C_1} \quad (\mu F) \dots 50$$

c), dua buah kapasitor diparalel, lihat persamaan 44 di atas.

d). tiga buah kapasitor diparalel digunakan persamaan :

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 \quad (\mu F) \quad \dots \quad 51$$

3. Buktikanlah nilai kapasitansi dari suatu kapasitor dengan menggunakan rumus :

$$C = \frac{10^6}{2 \cdot f \cdot X_C} \quad (\mu F) \quad \dots \quad 52$$

setelah anda menghitung nilai reaktansi kapasitifnya (X_C)

b. Hasil Grafik

1. Grafik Perubahan Arus Akibat Pengaruh Kapasitansi

Untuk membuat grafik ini anda hanya membuat satu buah grafik dari data yang didapat pada percobaan 5.1 sampai 5.10. Untuk tegangan 220 volt, sesuai dengan gambar 35 di atas.

2. Grafik Perubahan Impedansi Z

Buat grafik perubahan impedansi Z dari hasil perhitungan percobaan 5.1 sampai 5.10 sesuai dengan besarnya nilai C (kapasitansinya) untuk tegangan 220 volt saja, di mana $I_S = f(V_S)$

3. Grafik Perubahan Reaktansi Induktif X_L

Hampir sama dengan grafik 2 di atas, yaitu hanya mengambil reaktansi induktif pada setiap tegangan 220 volt untuk setiap percobaan 5.1 sampai 5.10, di mana $I_L = f(V_S)$

4. Grafik Perubahan Reaktansi Kapasitif X_C

Pada grafik ini sama dengan grafik 2 dan 3 di atas hanya $I_C = f. (X_C)$ untuk setiap perubahan nilai C dari percobaan 5.1 sampai 5.10 khusus pada tegangan 220 volt.

5. Grafik Perubahan Daya

Seperti pada jobsheet yang lalu buatlah vektor diagram segitiga daya yaitu daya nyata P, daya semu S dan daya reaktif Q untuk setiap percobaan, dari 5.1 sampai 5.10 (sebanyak 10 buah). Gunakanlah busur dan skala yang sesuai agar menghasilkan grafik yang tepat dengan data yang ada.

Pada pembuatan grafik 1 sampai 5 di atas gunakanlah kolom 10 cm x 10 cm dari kertas milimeter anda, agar hasilnya seragam.

c. Hasil Kesimpulan

Pada setiap kesimpulan dari laporan percobaan laboratorium ini, usahakanlah membuatnya sesuai dengan teori yang anda dapatkan, baik dari dosen pembimbing maupun dari literatur yang anda punyai.

Untuk membantu anda membuat kesimpulan dari percobaan ini ada beberapa pertanyaan, yaitu :

1. Bagaimana besarnya percobaan arus I_L , arus I_C dan arus I_S terhadap perubahan nilai kapasitansi dari kapasitor yang kita buat ? Apakah sesuai dengan teori ? Kalau tidak sesuai apa yang mempengaruhinya? Bagaimana pandangan anda terhadap perubahan ketiga arus tersebut akibat pengaruh kapasitansi ?
2. Dari hasil yang anda buat, bagaimana hasil perubahan impedansi Z, reaktansi induktif X_L dan reaktansi

- kapasitif X_C untuk setiap perubahan arus dan tegangan ? Mengapa ketiga parameter tersebut berubah demikian ? Bagaimana sebaiknya hasil perubahan ketiga parameter tersebut menurut anda sebaiknya ?
3. Dari grafik perubahan daya untuk setiap perubahan nilai kapasitansi mana yang baik menurut anda? Mengapa demikian pilihan anda ? Bagaimana besarnya sudut pergeseran fasa dari kesepuluh grafik perubahan daya tersebut ? Mana yang terbaik menurut anda ? Mengapa pergeseran sudut itu yang anda pilih ? Apa dasarnya ?
 4. Setelah anda hitung arus I_S dan nilai kapasitansi dengan dua cara di atas, bagaimana hasilnya, tepat tidak dengan yang anda dapatkan dari pengukuran ? Kalau tidak tepat, mengapa demikian ? Kalau tepat bagaimana penilaian anda terhadap hasil tersebut ?

PERCOBAAN No. 5 _____ dengan $C = \text{_____} \mu\text{F}$

TABEL : Hasil Pengukuran

V_S (V)	P (W)	I_S (A)	I_C (A)	I_L (A)
50 V				
100 V				
150 V				
200 V				
220 V				

TABEL: Hasil Perhitungan

V_S (V)	Z (ohm)	X_C (ohm)	X_L (ohm)	C_t (F)	I_S (A)
50V					
100V					
150V					
200V					
220V					

TABEL : Hasil Perhitungan II

V_s	S (VA)	$\cos \theta$	θ_s°	$\sin \theta$	Q (VAr)	θ_L°	θ_C°
50 V							
100 V							
150 V							
200 V							
220 V							

VI. MEMPERBAIKI FAKTOR DAYA BEBAN INDUKTIF

TUJUAN

Dari hasil percobaan di Laboratorium diharapkan mahasiswa dapat :

- a. Menganalisa faktor daya dan segitiga daya dari beban induktif beberapa lampu TL sebelum dan sesudah diperbaiki faktor dayanya dengan menggunakan kapasitor.
- b. Menghitung kapasitas dari kapasitor yang tepat untuk membuat faktor daya $\cos \theta = 1$ dengan jalan melihat arus yang dialirkan/dipakai oleh suatu beban induktif.
- c. Membandingkan hasil perubahan arus, daya nyata P, daya semu S, daya reaktif Q dan faktor daya serta faktor reaktif suatu beban induktif lampu TL sebelum dan sesudah diperbaiki faktor dayanya.
- d. Menggambarkan grafik dan vektor segitiga daya dari setiap perubahan untuk arus, tegangan untuk sebelum dan sesudah diperbaiki faktor dayanya.
- e. Membuat kesimpulan dari hasil data dan grafik yang diperoleh dari percobaan di Laboratorium sesuai dengan teori yang didapat.

TEORI SINGKAT

Sebuah generator listrik tukar yang ideal, pada kedua ujung terminalnya dipasangkan sebuah induktor L henry. Menurut hukum Ohm yang terjabar, arus yang mengalir ke dalamnya adalah :

$$i = \frac{1}{L} \int_0^t V dt \dots \dots \dots 53$$

Dengan mensubstitusikan, akan diperoleh :

$$i = - \frac{1}{w L} \sqrt{2} V \sin (wt + Q) \dots \dots \dots 54$$

atau menurut hubungan geometri, maka dapat ditulis

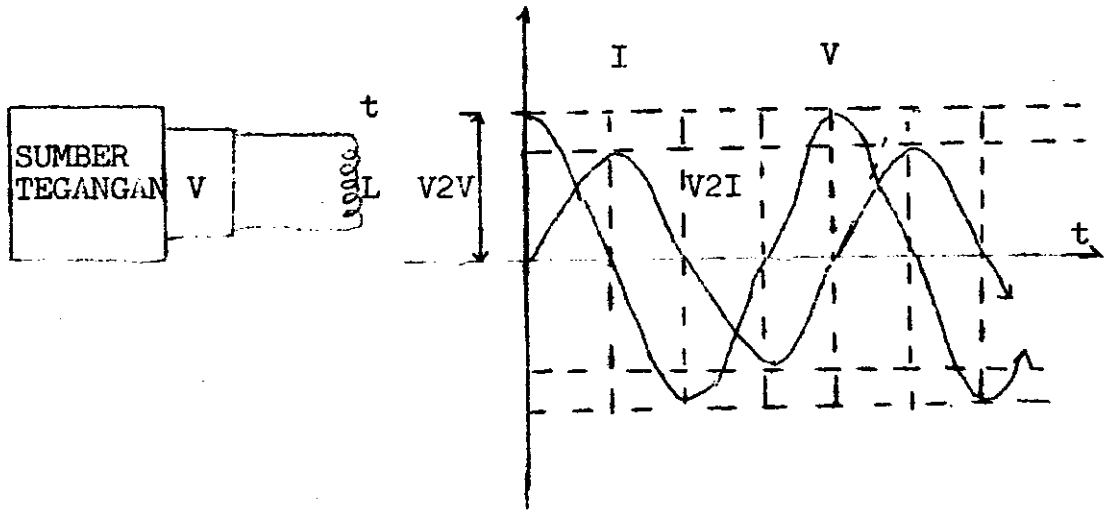
$$i = \sqrt{2} \frac{V}{\omega L} \cos (\omega t + \varphi - 90^\circ) \dots \dots \dots 55$$

Menurut persamaan 55 tampaklah bahwa arus yang mengalir ke dalamnya mempunyai harga efektif I, yang besarnya adalah :

$$I = \frac{V}{\omega L} \dots \dots \dots 56$$

atau : $V = \omega LI \dots \dots \dots 57$

Grafik tegangan dan arus dapat dilukiskan seperti pada gambar 37 b.



Gambar 37

Dari grafik dan arus seperti pada gambar 37 b, tampaklah bahwa tegangan dan arus tidak lagi berada dalam satu keadaan, tetapi terdapat beda fase sebesar 90° , jadi :

$$\theta = 90^\circ \dots \dots \dots 58$$

atau karena $360^\circ = \frac{1}{f}$ detik, maka $90^\circ = \frac{1}{4f}$ detik. Tampak pula dalam gambar tersebut, bahwa apabila tegangan mencapai harga maximum atau minimum maka arus akan mencapai harga maximum atau minimum, sesudah waktu yang sama dengan 90° atau $\frac{1}{4f}$ detik.

Juga apabila tegangan berada dalam keadaan naik, arus mengikuti naik sesudah $\frac{1}{4T}$ detik. Jadi seakan-akan arus senantiasa mengikuti tegangan. Atas dasar ini diperjanjikan bahwa induktor termasuk dalam golongan instalasi yang disebut mengikuti atau "lagging". Sesungguhnya instalasi instalasi listrik yang modelnya dapat diwakili oleh resistor dan induktor adalah tergolong dalam sistem yang mengikuti juga. Mengenai hal ini akan ditinjau lebih jauh nanti. Kalau besarnya daya yang diserap oleh induktor itu dihitung akan diperoleh :

$$\begin{aligned}
 p &= v i \\
 &= 2 \omega L I^2 \cos(\omega t + \varphi) \cos(\omega t + \varphi - 90^\circ) \\
 &= \omega L I^2 \sin(2\omega t + \varphi) \dots \dots \dots 59
 \end{aligned}$$

Persamaan (9-13) ini menunjukkan bahwa harga rata-rata daya yang diserap induktor yang ditandai dengan P_L adalah :

$$P_L = 0 \dots \dots \dots 60$$

Persamaan 60 mempunyai arti, bahwa induktor tidak menyerap suatu daya listrik yang positif, dalam arti dapat memanfaatkan, karena setiap daya yang diserap pada suatu periode, dikembalikan ke generator pada periode berikutnya, menurut bentuk grafik dari persamaan 59. Menurut fisika hal ini terjadi karena ada pergantian bentuk energi yang teratur dari energi listrik menjadi energi yang tersimpan sebagai medan magnet, dan sebaliknya.

Seperti telah kita ketahui suatu beban induktif akan selalu mempengaruhi daya nyata P dari rangkaian itu. Besar kecilnya daya nyata P ini tergantung faktor daya $\cos \theta$ dari beban induktif itu. Nilai faktor daya $\cos \theta$ ini dipengaruhi oleh nilai-nilai induktansi dari beban induktif. Apabila nilai induktansi (induktif) murni dengan $\cos 90^\circ$, berarti $\cos \theta = 1$ maka harga daya nyata P sama dengan harga daya semu yaitu $V_s \times I_s$.

Apabila beban induktif mempunyai impedansi $Z = R + jX_L$ berarti induktif tidak murni, maka faktor daya dari beban

induktif itu adalah :

$$\cos \theta = \frac{R}{Z} \dots \dots \dots 61$$

sehingga besarnya daya nyata P akan menjadi :

$$P = V_s \cdot I_s \cdot \cos \theta \dots \dots \dots 62$$

berarti daya nyata tidak sama dengan daya semu $S = V_s \cdot I_s$. Untuk memperbaiki faktor daya $\cos \theta$ menjadi = 1 maka diusahakan dengan jalan mempengaruhi arus I_L atau arus yang mengalir pada beban induktif sefasa dengan tegangan V_s . Cara ini dapat dilakukan dengan menempatkan sebuah kapasitor paralel dengan beban induktif tadi.

Sekarang tinjaulah keadaan di mana suatu generator arus tukar dibebani oleh sebuah kapasitor dari C farad.

Analog dengan peninjauan pada induktor, karena :

$$i = C \frac{dV}{dt} \dots \dots \dots 63$$

maka dapatlah diperoleh bahwa :

$$i = 2 \omega C V \cos (\omega t + \varphi + 90^\circ) \dots \dots \dots 64$$

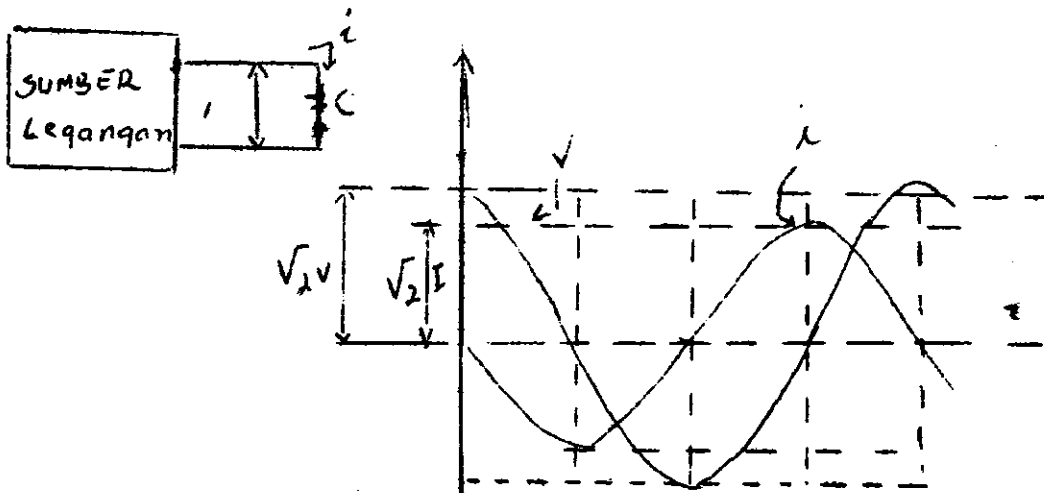
atau bahwa hubungan antara harga-harga efektif tegangan dan arus untuk kapasitor tunduk pada persamaan :

$$V = \frac{1}{\omega C} I \dots \dots \dots 65$$

dan bahwa :

$$\theta = 90^\circ \dots \dots \dots 66$$

Grafik tegangan dan arus dapat dilihat pada gambar 38.

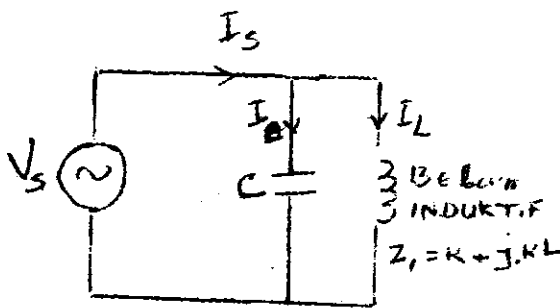


Gambar 38 (b)

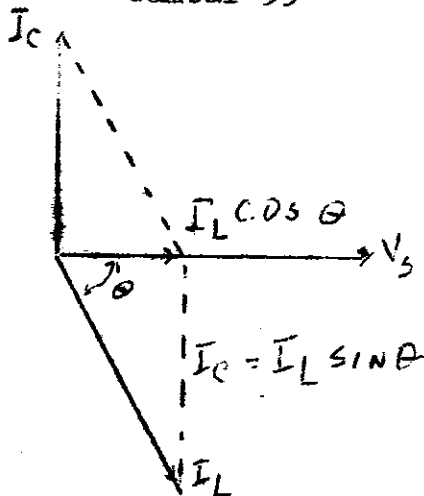
Dari grafik gambar itu dapat dilihat, bahwa pada kapasitor tegangan mengikuti arus, atau arus mendahului tegangan. Karena itu dikatakan bahwa kapasitor tergolong dalam instalasi listrik yang mendahului atau leading, seperti halnya instalasi-instalasi listrik yang model listriknya dapat diwakili oleh resistor dan kapasitor. Apabila diperhitungkan besarnya daya rata-rata yang diserap oleh kapasitor, akan diperoleh pula bahwa :

$$P_C = 0 \dots\dots\dots 67$$

Kapasitor mempunyai watak yang mirip dengan induktor. Sebenarnya menurut fisika, hal ini terjadi karena ada perubahan yang teratur dari bentuk energi listrik yang dinamis mengalir ke bentuk energi listrik yang tersimpan dalam medan listrik statis.



Gambar 39

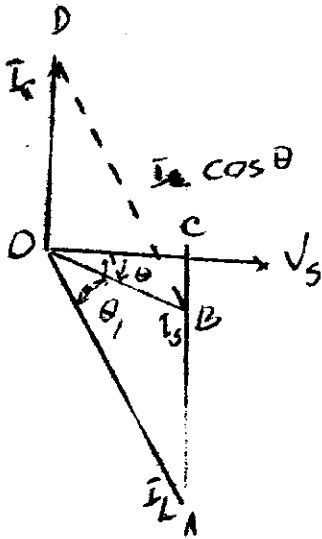


Gambar 40

Pada gambar 39 diperlihatkan hubungan kapasitor C yang di paralel dengan beban induktif Z_1 . Apabila arus I_C bisa mempengaruhi I_L sefasa dengan tegangan V_s , maka resultante dari I_C dan I_L dapat dilihat pada gambar 40.

Tetapi bila I_C hanya dapat mempengaruhi I_L menjadi I_s (gambar 41) maka besarnya faktor daya = $\cos \theta$. atau $\cos \theta_1 - \cos \theta$ adalah merupakan usaha I_C memperbaiki I_L mendekati V_s sebesar sudut θ .

Pada gambar 41 proyeksi dari I_L adalah $I_L \cos \theta$ sehingga $OC = I_L \cdot \cos \theta \dots\dots 68$



Apabila besarnya daya nyata beban induktif adalah :

$$P = V_S \cdot I_L \cos \theta \dots \dots \dots 69$$

maka :

$$OC = \frac{P}{V_S} \dots \dots \dots 70$$

Apabila besarnya :

$$AC = OC \tan \theta_1 \dots \dots \dots 71$$

$$BC = OC \tan \theta \dots \dots \dots 72$$

maka besarnya AB adalah :

$$AB = AC - BC$$

karena AB = OD maka :

$$OD = AC - BC \dots \dots \dots 73$$

Gambar 41

- a. Rangkaian induktif yang diparalel dengan kapasitansi
- b. Vektor diagram dimana \$I_L\$ sefasa dengan \$V_S\$
- c. Vektor diagram dimana \$I_L\$ diusahakan mendekati \$V_S\$ sebesar \$\cos \theta\$

Apabila persamaan 73 kita substitusikan ke persamaan 71 dan 72 maka besarnya OD adalah :

$$OD = OC \tan \theta_1 - OC \tan \theta$$

atau

$$OD = OC (\tan \theta_1 - \tan \theta)$$

karena \$OC = \frac{P}{V_S}\$ (persamaan 70) dan \$OD = I_C\$ maka persamaan di atas menjadi :

$$I_C = \frac{P}{V_S} (\tan \theta_1 - \tan \theta) \dots \dots \dots 74$$

Pada rangkaian di atas besarnya tegangan pada kapasitor C sama dengan tegangan sumber \$V_S\$ sehingga :

$$I_C = \frac{V_S}{1/wC} = w.C.V_S \dots \dots \dots 75$$

Dengan demikian persamaan 74 dapat kita ubah menjadi :

$$wC.V_S = \frac{P}{V_S} (\tan \theta_1 - \tan \theta) \dots \dots \dots 76$$

Dari persamaan di atas dapat kita cari harga kapasitas dari kapasitor dengan :

$$C = \frac{P}{\omega C \cdot V_s^2} (\tan \theta_1 - \tan \theta) \dots \dots \dots 77$$

Dengan cara lain nilai kapasitas kapasitor ini dapat kita cari seperti pada vektor diagram gambar 41 b yaitu :

$$I_C = I_L \sin \theta \dots \dots \dots 78$$

Karena nilai I_L biasanya diketahui dari arus yang dipakai beban induktif dan $\sin \theta$ merupakan perubahan dari $\cos \theta$, maka besarnya reaktansi kapasitif dari suatu rangkaian LC paralel (gambar 41a) dapat dihitung :

$$X_C = \frac{V_s}{I_C} \text{ atau } X_C = \frac{V_s}{I_L \sin \theta} \dots \dots \dots 79$$

dimana $X_C = \frac{1}{\omega C}$ berarti $C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C}$ farad

atau :

$$C = \frac{10^6}{314 \cdot X_C} \mu F \dots \dots \dots 80$$

Pada persamaan 77 $\tan \theta_1$ adalah sudut pergeseran fasa antara arus dan tegangan yang diderita beban induktif sebelum faktor daya diperbaiki, sedang $\tan \theta$ merupakan sudut pergeseran fasa yang dikehendaki setelah diperbaiki faktor dayanya. Umpamanya diinginkan $\cos \theta$ yang dikehendaki adalah 0.99 maka $\tan \theta = 0.143$.

Sedang untuk persamaan 80 $\sin \theta$ didapat dari perubahan faktor daya beban induktif itu sendiri yaitu $\cos \theta$. Dengan kedua cara ini kita dapat menentukan kapasitas dari kapasitor yang dikehendaki agar faktor daya beban induktif dapat diperbaiki menjadi $\cos \theta = 1$.

Banyak konsumen listrik P.L.N. di samping menggunakan lampu-lampu pijar biasa, juga menggunakan lampu-lampu TL (Tube lamp = lampu jenis flouresent atau sering disebut dengan istilah yang kurang tepat ; lampu neon). Tetapi tidak jarang timbul keluhan :

MENGAPA SEKERING INDUK SERING PUTUS ?
MENGAPA OTOMAT (MCB) SERING JATUH ?

Memang menurut pengalaman (dan juga penyelidikan), umur lampu TL lebih panjang dari pada lampu pijar biasa, dan si-
narnya lebih terang serta nyaman. Bahkan, untuk kekuatan si-
nar yang sama, lampu TL mempunyai efisiensi penyinaran yang
lebih tinggi dari pada lampu pijar biasa. Namun perlu dike-
tahui bahwa lampu TL menggunakan daya VA yang lebih besar
dari wattnya menyebabkan sekering induk sering putus, atau
otomat (M.C.B) sering jatuh.

Pada hal menurut perhitungan secara sederhana, bila
watt dari lampu-lampu yang terpasang semuanya dijumlahkan,
hasilnya masih di bawah jatah daya (VA) listrik dari PLN.
Hal ini disebabkan oleh adanya beban induktif dengan faktor
kerja sangat rendah. Untuk mengatasinya, pada lampu-lampu
TL perlu ditambahkan kondensator (atau disebut juga konden-
sor, dan ada pula yang memakai istilah kapasitor) yang akan
mengurangi pemakaian VA-nya.

Jadi Anda sebenarnya bisa menambah lampu tanpa harus
menambah listrik, hanya tambah kondensator, dengan harga
yang tidak mahal.

HASIL PERCOBAAN PEMASANGAN LAMPU TL
TANPA DAN DENGAN KONDENSATOR

Hasil percobaan untuk 1 buah lampu TL 40 watt/220 volt		
Besarnya watt dari lampu TL	Daya sebenarnya yang diperlukan	
	Tanpa kondensator	Dengan kondensator 3,25 uF
40 watt	80 VA	46 VA

Untuk konsumen dengan daya tersambung 450VA/220 volt	
Tanpa kondensator	Dengan kondensator 3,25 uF
Jumlah TL 40 watt/220V yang dapat dipasang pada konsumen yang tidak diperlengkapi dengan kondensator :	Jumlah TL 40 watt/220 volt yang dapat dipasang pada konsumen yang diperlengkapi dengan kondensator adalah :
$\frac{450}{80} = 5$ buah lampu TL :	$\frac{450}{46} = 9$ buah lampu TL :

Dari hasil percobaan-percobaan/penelitian yang telah dilakukan, dapat disusun daftar sebagai berikut :

**JUMLAH LAMPU TL YANG DAPAT DIPASANG SEBELUM
DAN SESUDAH MEMAKAI KONDENSATOR**

URAIAN :			Lampu TL tanpa kondensator Sistem tegangan 220 volt								
			250	350	450	650	900	1300	2200	3500	4400
Daya lampu TL	10 watt		6	8	10	15	20	30	50	80	100
	15 watt		6	8	10	15	20	30	50	80	100
	20 watt		3	5	6	9	12	18	31	49	62
	30 watt		3	4	5	8	11	17	29	46	58
	40 watt		3	4	5	8	11	16	27	44	54
	65 watt		2	2	3	5	7	10	17	28	35
	2x20 watt		1	2	3	4	6	9	15	24	31
	2x40 watt		1	2	2	4	5	8	13	22	27
	2x65 watt		1	1	1	2	3	5	8	14	17

			Lampu TL dengan Kondensator sistem tegangan 220 volt								
			250	350	450	650	900	1300	2200	3500	4400
Daya lampu TL	10 watt		11	14	18	27	36	64	90	145	180
	15 watt		11	14	18	27	36	54	90	145	180
	20 watt		8	11	14	21	28	42	71	114	142
	30 watt		6	8	10	15	20	24	50	80	100
	40 watt		5	7	9	13	18	27	45	72	90
	65 watt		3	4	5	7	9	15	25	41	50
	2x20 watt		5	6	8	12	16	24	40	64	80
	2x40 watt		2	3	4	6	9	13	22	36	45
	2x65 watt		1	2	2	3	5	7	13	20	26

TABEL PEMILIHAN KONDENSATOR UNTUK LAMPU TL

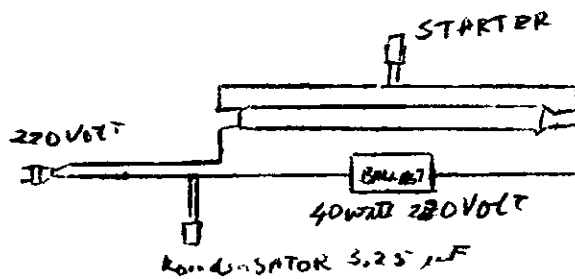
TEGANGAN	WATT LAMPU TL	KONDENSATOR
110/127 volt	1 x 10 watt	4,5 uF
	1 x 15 watt	4,5 uF
	1 x 20 watt	4,5 uF
	1 x 40 watt	7,5 uF
	2 x 20 watt	9,0 uF
	2 x 40 watt	2x7,5 uF

Tegangan	Watt lampu TL	Kondensator
200/220 volt	1 x 10 watt	3,25 uF
	1 x 15 watt	3,25 uF
	1 x 20 watt	4,50 uF
	1 x 40 watt	3,25 uF
	1 x 65 watt	7,50 uF
	2 x 20 watt	9,00 uF
	2 x 40 watt	7,50 uF

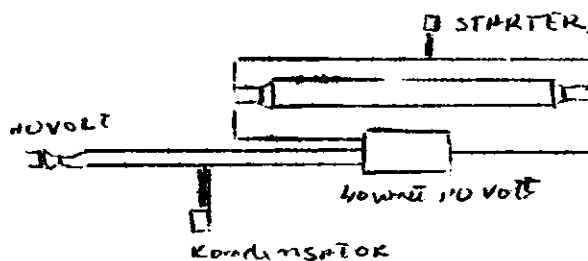
UNTUK LAMPU TL TANPA STARTER (RAPIDSTART)

Tegangan	Watt lampu TL	Kondensator
200/220 volt	1 x 20 watt	4,50 uF
	1 x 40 watt	3,25 uF
	1 x 65 watt	7,50 uF
	2 x 40 watt	7,50 uF
	2 x 65 watt	9,00 uF

SKEMA PEMASANGAN KONDENSATOR PADA LAMPU TL



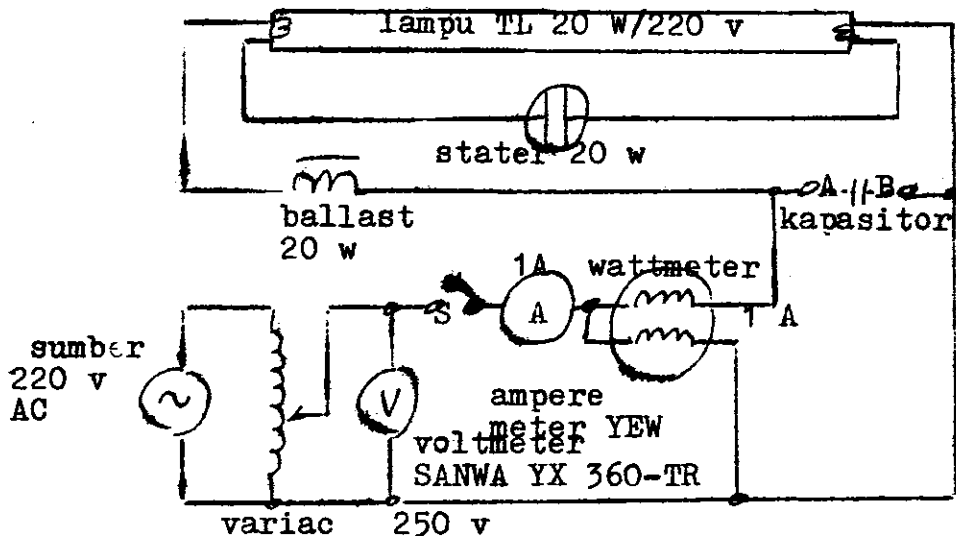
Gambar 42



Gambar 43

Percobaan No. 4.1. Memperbaiki faktor daya induktif sebuah lampu TL

RANGKAIAN PERCOBAAN



GAMBAR 44

Beban induktif. lampu TL

LANGKAH KERJA

1. Hubungkan rangkaian percobaan nomor 4.1 sesuai dengan peralatan yang telah anda sediakan. Hubungkan ke sumber arus bolak-balik setelah diperiksa hubungannya oleh dosen pembimbing.
2. On-kan switch S dan putarlah variabel AC (variac) hingga tegangan 100 volt. Amatilah penunjukan amperemeter dan wattmeter, lalu cat atlah data arus I_L dan daya nyata P pada tabel.

Pertanyaan 1

Apa yang terjadi pada alat ukur dan lampu TL yang Anda amati ?

3. Berturut-turut naikan tegangan sumber dari 100 volt, 125 volt, 150 volt, 175 volt, 200 volt dan 220 volt. Amati dan catatlah setiap perubahan arus I_L dan daya Nyata P.

Pertanyaan 2

Pada saat tegangan berapa lampu TL bisa menyala ?

Pertanyaan 3

Apa yang terjadi pada saat lampu TL menyala terhadap alat ukur amperemeter dan wattmeter ?

4. Langkah selanjutnya menghitung nilai kapasitor C yang harus dipasang pada titik A-B paralel dengan beban lampu TL. Sebelum Anda menghitung sebaiknya sumber tegangan rangkaian percobaan di Off-kan terlebih dahulu.

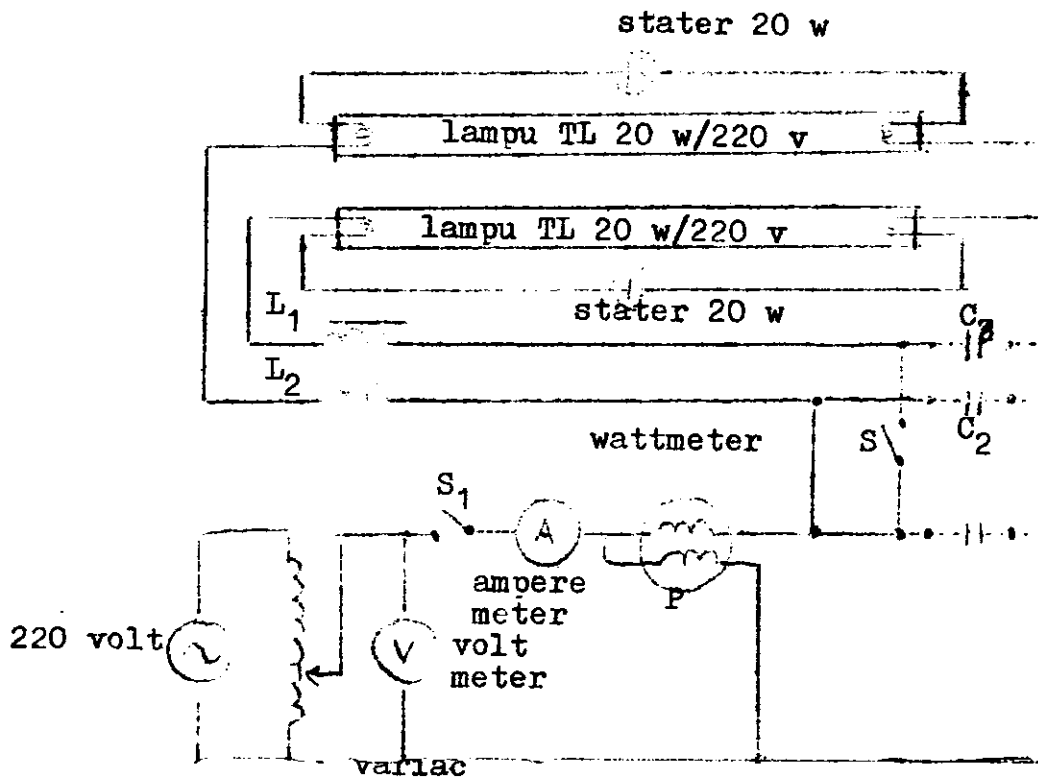
Pertanyaan 4

Berapa nilai kapasitor yang akan Anda pasang untuk memperbaiki faktor daya beban induktif lampu TL tersebut, yang Anda pilih dari kapasitor yang tersedia ?

5. Setelah Anda pasang kapasitor yang Anda pilih pada titik A-B, ulangilah langkah 2 dan langkah 3 di atas. Catat dan amatilah alat ukur setiap perubahan. Lalu hitunglah besaran listrik yang terdapat pada tabel.
6. Lepaskan sumber arus bolak balik 220 volt dan pindahkan ke percobaan selanjutnya.

LANGKAH PERCOBAAN

7. Pada percobaan 4.2 ini hanya beban ditambah dengan satu buah lampu TL dari percobaan 4.1 tadi.



Gambar 45
Rangkaian percobaan dengan beban 2
lampu TL

LANGKAH KERJA

8. Pada percobaan 4.2 ini lakukanlah seperti langkah kerja nomor 2 hingga di atas.
9. Amatilah percobaan 4.2 ini karakteristik beban induktif dua buah lampu TL yang dihubungkan paralel, sebelum menggunakan kapasitor.
10. Catatlah penunjukkan pada alat ukur amperemeter dan watt meter pada tabel yang telah tersedia. Hitunglah besarnya kapasitas dari kapasitor yang harus ditempatkan agar faktor daya beban dua buah lampu TL sama dengan $\cos \theta = 1$.

Pertanyaan 5

Berapa nilai kapasitas dari kapasitor yang harus ditempatkan pada beban induktif dua buah lampu TL agar faktor daya $\cos \theta$ menjadi 1 ?

Pertanyaan 6

Karena nilai kapasitas dari kapasitor yang anda hitung tidak kita miliki, untuk menggantikannya nilai kapasitas berapa yang Anda pilih dari kapasitor yang tersedia ?

11. Setelah kapasitor telah Anda tentukan, pasanglah pada rangkaian percobaan Anda sebagai kapasitor C_1 . Amatilah karakteristik beban induktif dua buah lampu TL dengan menggunakan kapasitor C_1 sebagai usaha memperbaiki faktor daya menjadi $\cos \theta$ sama dengan satu. Catat dan amati hasil penunjukkan amperemeter dan wattmeter.
12. Lakukanlah langkah ke 11 di atas seperti langkah 2 dan 3 sebelumnya.

Pertanyaan 7

Setelah Anda mengamati percobaan di atas dengan dengan Kapasitor C_1 hingga tegangan 220 volt, coba Offkan swi switch S_2 . Apa yang terjadi dengan arus I_s pada alat ukur amperemeter ? coba bandingkan dengan hasil percobaan 4.2.a dan 4.2.b di atas.

13. Apabila terjadi kelainan, lakukanlah sekali lagi pengamatan ini dengan mematikan (Off) switch S_2 tanpa merubah nilai kapasitas dari kapasitor C_1 .
14. Lakukan percobaan 4.2.c atau langkah 13 di atas seperti langkah 2 dan 3 sebelumnya. Catat dan amati hasil penunjukkan amperemeter dan watt meter. Bagaimana hasilnya ?
15. Pada langkah selanjutnya gunakanlah nilai kapasitor dari percobaan 4.1.b di atas untuk kapasitor C_2 dan C_3 yang dipasangkan paralel dengan setiap beban lampu TL.

16. Setiap langkah Anda melakukan perubahan dengan mengamati hasil penunjukkan amperemeter dan wattmeter, coba matikan (Off) switch S_2 . Catatlah hasil penunjukkan alat ukur amperemeter & wattmeter di atas sebelum dimatikan dan sesudah dimatikan saklarnya, dengan mengikuti langkah 2 dan langkah 3 di atas.
17. Bandingkanlah hasil pengukuran di atas dengan hasil pengukuran sebelumnya.

CARA PENGOLAHAN DATA

18. Untuk mengolah data pada tabel karakteristik beban induktif lampu TL sebelum dan sesudah menggunakan kapasitor, hampir sama dengan cara pada job sheet yang lalu
19. Untuk mencari harga kapastitas dari kapasitor yaitu :

- a. mencari harga arus I_C :

$$I_C = I_L \times \sin \theta \text{ (ampere)}$$

dimana I_L didapat dari hasil pengukuran, sedang $\sin \theta$ didapat dari hasil perhitungan.

- b. Mencari harga reaktansi kapasitif X_C :

$$X_C = \frac{V_s}{I_C} \text{ (ohm)}$$

- c. Mencari nilai kapasitas kapasitor C :

$$C = \frac{10^6}{2\pi \cdot f \cdot X_C} \quad \text{atau} \quad C = \frac{10^6}{314 \cdot X_C} \text{ (uF)}$$

20

20. Buat vektor diagram segitiga daya secara grafis antara daya nyata P, daya semu S dan daya reaktif Q, hitung besarnya sudut $\cos \theta$ dengan menggunakan busur, tepat tidak dengan hasil perhitungan yang telah anda buat sebelumnya ? Buat vektor segitiga daya ini hanya pada tegangan 220 volt data yang diambilnya, yaitu sesudah dan sebelum faktor daya diperbaiki.

VII. PERHITUNGAN DAYA TERPAKAI BEBAN RUMAH TANGGA

TUJUAN

Dari hasil percobaan di Laboratorium diharapkan mahasiswa dapat :

- a. Mengukur besarnya daya beban lampu pijar dan lampu TL dengan menggunakan alat ukur kWh meter satu fasa.
- b. Menghitung besarnya daya tarik listrik yang dipakai untuk beban lampu pijar dan lampu TL dalam periode satu bulan dan satu tahun.
- c. Membandingkan besarnya daya tarif listrik rata-rata yang dipakai untuk beban lampu pijar dan lampu TL dalam setahunnya.
- d. Menggambarkan grafik pemakaian daya dan besarnya biaya pemakaian listrik untuk periode satu tahunnya.
- e. Menyimpulkan hasil pengukuran yang didapat dalam bentuk laporan tertulis.

TEORI SINGKAT

Seperti yang telah kita ketahui, besarnya daya yang dipakai konsumen pemakai tenaga listrik sehari-harinya digunakan alat ukur kWh meter (kilo watt hour meter), yang merupakan alat ukur integrasi (integrating instrument). maksudnya adalah suatu alat ukur yang mengukur besaran listrik sekaligus diintegrasikan untuk jangka waktu tertentu.

Prinsip kerja alat ukur kWh meter ini menggunakan efek induksi elektromagnetis dalam dua kumparan, yang menimbulkan interaksi medan magnet yang dibangkitkan oleh dua kumparan tersebut, sehingga mengakibatkan terjadinya momen gerak pada suatu kepingan aluminium yang diletakkan di antara dua kumparan tersebut. Momen gerak dari kepingan aluminium yang mempunyai kecepatan n putaran akan berbanding lurus dengan besarnya daya yang dipakai oleh beban sebesar $V.I. \cos \theta$. Dengan demikian jumlah putaran dari ke-

piringan aluminium akan berbanding dengan energi yang akan diukur untuk jangka waktu tertentu.

Jika C adalah suatu konstanta KWH meter, yaitu besaran yang menyatakan banyaknya putaran piringan KWH meter untuk setiap 1 KWH yang ditunjukkannya, dan jumlah putarannya adalah n putaran, maka jumlah KWH yang ditunjukkan oleh KWH meter pada n putaran tersebut adalah n/C KWH, y yang besarnya adalah :

$$\frac{n}{C} = \frac{V.I. \cos \theta \ t_d}{1000 \times 3600} \text{ (KWH)} \dots \dots \dots 81$$

Jika KWH meter tanpa kesalahan maka yang diperlukan untuk n putaran piringan adalah t dasar (t_d) yaitu :

$$t_d = \frac{n \times 3600 \times 1000}{C \times V \times I \times \cos \theta} \text{ detik} \dots \dots \dots 82$$

Untuk satu putaran piringan aluminium memerlukan waktu, yaitu :

$$t_d = \frac{1 \times 3600 \times 1000}{C \times V \times I \times \cos \theta} \text{ detik} \dots \dots \dots 83$$

sehingga dalam waktu 24 jam = 3600 detik, piringan aluminium akan dapat berputar :

$$n = \frac{3600}{t_d} \text{ putaran} \dots \dots \dots 84$$

sedangkan besarnya daya 1 KWH akan dicapai dalam waktu :

$$t_1 = C \times t_d \text{ detik} \dots \dots \dots 85$$

atau dalam jam :

$$t_1 = C \times \frac{t_d}{3600} \text{ jam} \dots \dots \dots 86$$

Dengan demikian besarnya daya KWH yang terukur (terpakai) dalam satu bulan (30 hari) adalah :

$$\text{KWH terpakai} = \frac{30 \times 24}{C \times t_d/3600} \text{ KWH} \dots \dots \dots 87$$

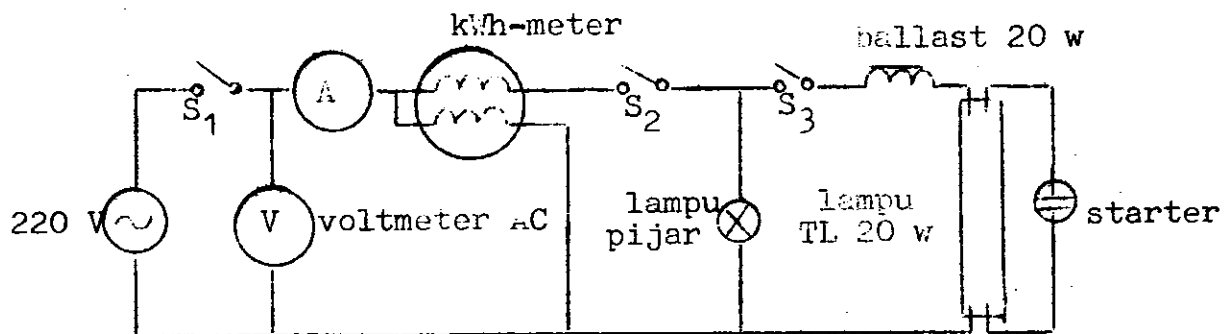
Sesuai peraturan tarif Dasar Listrik 1982 yang berlaku pada bulan Februari 1982 untuk Tarif Rumah Tangga ditetapkan sebagai berikut :

Golongan Tarif	Batas daya terpasang	Bea Beban untuk tiap 25 VA bulan	Bea Pemakaian untuk tiap KWH terpakai
R ₁	250 - 500 VA	Rp. 40,-	Rp. 37,50,-
R ₂	501 - 2200 VA	Rp. 40,-	Rp. 45,50,-
R ₃	2201 - 6600VA	Rp. 70,-	Rp. 63,50,-
R ₄	6601 - keatas	Rp. 70,-	Rp. 79,50,-

Abila anda sebagai langganan listrik PLN untuk golongan tarif R₁ untuk bulan April 1982 ini menggunakan daya sebesar 45 KWH maka besarnya daya yang harus dibayar adalah :

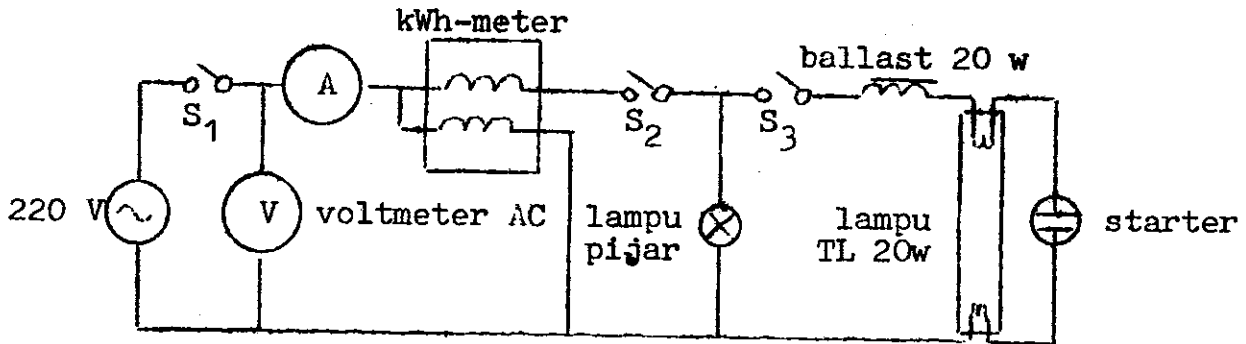
- a. Bea pemakaian beban = 45 x Rp. 37,5 = Rp. 1.687,50
 - b. Bea beban = 45/25 x Rp 40,- = Rp. 720,-
 - c. Tambahan beban = 45 x Rp 4,- = Rp. 180,-
 - d. Penerangan Jalan raya 45 x Rp. 2.25 (khusus untuk Sumbar-Riau) = Rp. 100,-
 - e. Bea materai tiap Rp. 5.000,- = Rp. 10,- = ---
- Jumlah = Rp. 2.687,50

RANGKAIAN PERCOBAAN



Gambar 47.

Bentuk rangkaian percobaan untuk menentukan faktor daya beban



Gambar 48

Bentuk rangkaian percobaan untuk menentukan daya terpakai dengan KWH meter

BENTUK PERCOBAAN

Seperti halnya pada percobaan laboratorium yang lalu, maka percobaan laboratorium ke 7 kali ini menggunakan beban lampu pijar 75 w/220 v dan lampu TL 20 w/220 v, dimana :

- a. Percobaan 7.1. : dengan beban 1 lampu pijar
- b. Percobaan 7.2. : dengan beban 2 lampu pijar dihubung paralel
- c. Percobaan 7.3. : dengan beban 3 lampu pijar dihubung paralel
- d. Percobaan 7.4. : dengan beban 1 lampu TL
- e. Percobaan 7.5. : dengan beban 2 lampu TL dihubung paralel
- f. Percobaan 7.6. : dengan beban 3 lampu TL dihubung paralel
- g. Percobaan 7.7. : dengan beban 1 lampudiparalel dengan beban lampu TL
- h. Percobaan 7.8. : dengan beban 1 lampu pijar diparalel dengan beban 2 lampu TL
- i. Percobaan 7.9. : dengan beban 2 lampu pijar diparalel dengan 2 lampu TL yang diparalel dengan 1 kapasitor 9 uF.

- j. Percobaan 7.10. : dengan beban 3 lampu TL diparalel dengan 1 lampu pijar.
- k. Percobaan 7.11. : dengan beban 3 lampu pijar diparalel dengan 1 lampu TL yang diparalel dengan kapasitor 4,75 uF.
- l. Percobaan 7.12. : dengan beban 3 lampu TL yang diparalel dengan kapasitor 13.5 uF dan lampu pijar 1 buah.

ALAT DAN BAHAN PERCOBAAN

- a. Alat ukur wattmeter merk "Takemoto" PD-310 klas 0.5 = 1 buah
- b. Alat ukur amperemeter AC: a) merk "YEW" klas 1.5 1 buah
b) merk "Meco" klas 1,0 1 buah
- c. Alat ukur KWH meter merk "Fuji" type FA-14 klas 2.0 = 1 buah
- d. Beban lampu pijar 75 w/220 v 3 buah
- e. beban lampu TL + ballast 20 w/220 volt 3 buah
- f. Alat ukur voltmeter AC pada multimeter "Sanwa" XY-360 TR 1 buah
- g. Saklar penghubung 1 buah
- h. Papan terminal dan stopwatch 1 buah
- i. Kabel penghubung secukupnya

LANGKAH KERJA

1. Rangkailah peralatan yang telah Anda sediakan sesuai dengan gambar 47 di atas, dengan beban sesuai dengan peralatan yang ada (percobaan 7.1 sampai 7.12)
2. Pada rangkaian percobaan gambar 47 ini dimaksud ingin mencari sudut pergeseran fasa dari beban pemakai tenaga listrik.
3. Setelah Anda rangkai percobaan anda, periksakan kepada dosen pembimbing Anda untuk mendapatkan instruksi selanjutnya.

jutnya.

4. Sebelum Anda mengOnkan saklar penghubung, letakkan hubungan kabel penghubung pada skala terbesar dari alat ukur, lalu onkan saklar penghubung. Catat besaran yang terukur pada amperemeter I_s , voltmeter V_s dan watt meter P. Setelah Anda catat Offkan saklar penghubung.
5. Selanjutnya data yang telah anda dapatkan, hitunglah harga $\cos \theta$ (faktor daya) beban dari percobaan Anda tersebut.
6. Setelah Anda mendapatkan harga faktor dayanya, hitunglah harga t_d (waktu yang digunakan untuk satu putaran piringan alumunium), sesuai dengan rumus 82 di atas.
7. Lalu gantilah hubungan alat ukur wattmeter dengan alat ukur KWH meter sesuai rangkaian di atas (tanpa merubah hubungan yang lain), untuk membuktikan besarnya putaran piringan alumunium pada alat ukur KWH meter (lihat gambar petunjuknya).
8. Setelah dicok hubungan rangkaian Anda oleh dosen pembimbing, onkan saklar penghubung dan amatilah putaran yang terjadi pada piringan alumunium dengan menggunakan stopwatch.
9. Lakukanlah pengukuran putaran piringan alumunium pada alat ukur KWH meter ini sebanyak tiga kali, agar hasilnya benar-benar valid.
10. Begitupula catat harga arus dan tegangannya pada saat mengukur daya dengan KWH meter ini. Apakah ada perbedaan dengan pengukuran yang tadi ?
11. Lakukanlah percobaan selanjutnya dari 7.1 sampai 7.12 di atas seperti pada langkah-langkah sebelumnya, hanya pada tegangan 220 v.
12. Apabila anda telah selesai seluruh percobaan ini, offkan saklar penghubung dan cabut sumber tegangan Ac 220 volt dari rangkaiannya. Rapiakan dan letakkan alat yang telah Anda gunakan pada tempat yang telah disediakan.
13. Buatlah laporan sementara sesuai tabel yang telah diberikan.

CARA PENGOLAHAN DATA

A. HASIL PERHITUNGAN

1. Hitunglah harga-harga yang tersedia pada tabel pengukuran dan perhitungan sesuai dengan rumus yang telah diberikan pada job sheet yang lalu. Yaitu harga impedansi Z , daya semu S , faktor daya $\cos \theta$, sudut pergeseran fasa θ° , faktor reaktif $\sin \theta$, daya reaktif Q .
2. Hitung juga harga putaran piringan aluminium pada KWH meter dalam detik, seperti rumus 82 di atas.
3. Hitung waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya 1 KWH seperti rumus 85 atau 86 di atas.
4. Lalu hitung daya KWH untuk jangka waktu satu bulannya, di mana kita misalkan :
 - 4.1. Percobaan 7.1 untuk beban bulan Januari 1982
 - 4.2. Percobaan 7.2. untuk beban bulan Februari 1982
 - 4.3. Percobaan 7.3 untuk beban bulan maret 1982
 - 4.4. Percobaan 7.4 untuk beban bulan April 1982
 - 4.5. Percobaan 7.5 untuk beban bulan Mei 1982
 - 4.6. Percobaan 7.6. untuk beban bulan Juni 1982
 - 4.7. Percobaan 7,7 untuk beban bulan Juli 1982
 - 4.8. Percobaan 7.8 untuk beban bulan Agustus 1982
 - 4.9. Percobaan 7.9 untuk beban bulan September 1982
 - 4.10. Percobaan 7.10 untuk beban bulan Oktober 1982
 - 4.11. Percobaan 7.11 untuk beban bulan November 1982
 - 4.12. Percobaan 7.12 untuk beban bulan Desember 1982
5. Hitunglah besarnya harga tarif listrik yang harus di bayar sesuai bulan-bulan di atas.
6. Untuk menghitung besar tarif listrik perbulannya gunakan tarif beban rumah tangga untuk golongan R_1 saja. Apabila dirumah Anda menggunakan golongan tarif R_2 usahakan menghitungnya sama dengan tarif golongan di rumah Anda, agar kita mendapatkan informasi-informasi lebih lengkap dan mengaplikasikan pengetahuan ini dalam kehidupan di sekeliling kita.

b. HASIL GRAFIK DAN VEKTOR DIAGRAM

1. Buat grafik besarnya daya terpakai (dalam KWH) dan besarnya tarif yang harus kita bayar tiap bulannya sesuai hasil pengolahan data sub 4 di atas. Di mana KWH dan Rp = f (bulan) dengan skala 1 cm = 25 kwh dan 1 cm = Rp. 250,- serta 1 cm = 1 bulan.
2. Lalu buatlah vektor diagram segitiga daya untuk percobaan, ukurlah sudut pergeseran fasanya dengan busur, dan ukur panjangnya daya dengan penggaris tentukan skalanya.

EVALUASI

1. Apakah yang mempengaruhi besarnya daya terpakai yang terukur kwh meter? mengapa demikian? Utarakan alasan Anda sesuai dengan teori !
2. Dari percobaan 7.1 sampai 12 terdapat 4 kategori beban yaitu :
 - a. Beban lampu pijar
 - b. Beban lampu TL
 - c. Beban lampu pijar diparalel dengan lampu TL
 - d. beban lampu pijar diparalel dengan lampu TL dengan faktor daya diperbaiki.

Apa yang menarik dari hasil pengukuran dan hasil perhitungan pada beban di atas ? buatlah kesimpulan Anda.

3. Berapakah besarnya daya rata-rata dan tarif rata-rata yang terpakai pada beban 1 sampai 12 di atas ?
4. Untuk beban mana yang tertinggi dan terendah daya terpakai dan tarif listriknya ? Mengapa demikian? Utarakan Alasan Anda !

DAFTAR PUSTAKA

1. B.L. Theraja, A Text Book of Electrical Technology, S. Chand & Company Ltd. New Delhi, 1978, 17 th Revised Edition.
2. Forest K. Harris, Electrical Measurements, Wiley Eastern Private Limited, Publishers, New Delhi, 1974. Chapter 12, p.512-p.541.
3. Ichwan Hariadi & A. Ponidjo, Teori Listrik Arus Tukar, Pen. Integritas Yogyakarta, 1969.
4. Ralph J. Smith, Circuits, Devices and systems, John Wiley & Sons Inc. New York, Third Edition, 1976.
5. Soedjana Sapiie (DR) & Osamu Nishiro, Pengukuran dan dan Alat-alat Ukur Listrik, Pen. Association for International Technical Promotion, Tokyo, Japan, Cetakan Pertama, 1975.
6. Walter W. Lewis, Basic Elektric Circuit Theory, The Ronald Press Company, New York, 1958.
7. Van Valkenburgh, Listrik Teori & Praktek (terjemahan), Pen. Ghalia Indonesia Jakarta, 1977, Jilid I, III dan IV.
8. _____, Fuji Integrating watt.hour meter (I) and (II), Published by Fuji Electric Co. Ltd, Tokyo, Japan, 1970.
9. _____, Japanese Industrial Standard (JIS) C, ~~1210~~ 1210-1968, General Rule for AC Watt-Hour Meters.