

# Beban Alternator Fasa Tiga Simulasi Dalam Laboratorium

Teguh Yuwono  
Jurusan Teknik Elektro PSD III Fakultas Teknik  
Universitas Diponegoro

## Abstract

Electrics usage by consumer according to its requirement. Burden of electrics usage by assorted consumer, but the conclusion burden of electrics usage is have the character of the resistive, capacitive and inductive. Physicly in the form of resistor, inductor, and capacitor. Burden in electrics usage not stand-alone but became to one union of network of requirement of usage electrics energy. In electrics three phasa, burden can be linked by a star or delta, at same burden linked by a star or delta will permeate the same electrics energy but differing at current ampere and voltage.

Keyword: resistor; inductor; capacitor; star and delta connection.

## Pendahuluan

Beban listrik walaupun terdiri dari berbagai macam pemakai energi listrik, secara garis besar mempunyai sifat: resistif dari resistor atau hambatan listrik; induktif dari inductor; dan kapasitif dari kapasitor. Beban ini ada yang berdiri sendiri-sendiri tetapi pada umumnya terangkai menjadi satu kesatuan beban yang tidak terlepas dari sifat-sifat tersebut.

## Hambatan listrik

Hambatan listrik dalam suatu penghantar dapat didefinisikan: "perbandingan antara beda potensial yang dipasangkan dan besarnya arus listrik yang mengalir dalam penghantar adalah tetap". Perbandingan tersebut dinamakan hambatan listrik kawat penghantar itu. Jackson, H.W., 1965; dalam bukunya yang berjudul *Introduction to Electric Circuits*, terbitan New Jersey: Prentice-Hall, Inc., p. 47, dituliskan: "An electric has a resistance of one ohm when an applied emf of one volt cause a current to flow at the rate of one ampere". Dapat dikatakan bahwa: "hambatan listrik sebesar satu ohm dimana pemakai emf sebesar satu volt menyebabkan arus mengalir sebesar satu ampere".

Sehingga jelas bahwa besarnya nilai hambatan listrik ialah: "suatu gaya gerak listrik (emf) mempunyai beda potensial 1 volt bila mampu mengalirkan arus listrik sebesar 1 Ampere dalam hambatan 1 Ohm". Atau  $V = IR$ ". Satuan hambatan listrik adalah **Ohm** disimbolkan huruf  $\Omega$  (huruf Yunani, omega). Satuan tahanan Ohm dikalibrasikan sebagai :

"tahanan yang diberikan pada arus listrik oleh suatu pipa air raksa sepanjang 1,063 meter dan luas penampang 1 mm<sup>2</sup>, pada suhu 0°C".

Bila suatu penghantar dengan ujung-ujung a-b, beda potensial pada penghantar itu adalah:

$$\begin{aligned} V_a - V_b &= - \int_a^b \rho S dl = \int_a^b \rho S dl \\ &= \int_a^b \rho \frac{SA}{A} dl \end{aligned} \quad (1)$$

Bila  $S$  adalah rapat arus dan tetap besarnya, maka  $SA = i$ , sehingga:

$$V_a - V_b = i \int_a^b \frac{\rho}{A} dl \quad (2)$$

Persamaan ini lebih dikenal sebagai integrasi **Hukum Ohm**, yang juga dapat dituliskan sebagai berikut:  $V_a - V_b = I R_{ab}$

$$\text{Jadi: } R_{ab} = \int_a^b \frac{\rho}{A} dl \quad (3)$$

Dimana:

- $R_{ab}$  adalah hambatan penghantar dengan ujung-ujungnya a dan b dalam Ohm.
- $A$  adalah luas penampang penghantar, mm<sup>2</sup>.
- $l$  adalah panjang penghantar dalam meter;
- $\rho$  adalah hambatan jenis bahan penghantar, Ohm/meter/mm<sup>2</sup>.

Tahanan jenis suatu logam diartikan tahanan zat logam itu, pada panjang 1 meter mempunyai penampang 1 mm<sup>2</sup> pada suhu 0°C. Tahanan jenis selain bergantung macam zat juga bergantung pada:

### a) Medan magnet

Bismuth misalnya, digunakan untuk mengukur besarnya medan magnet. Dan untuk ini bismuth dipasangkan pada sebuah Jembatan Wheatstone.

### b) Tekanan udara

Bismuth misalnya, dipergunakan didalam manometer-manometer tekanan tinggi.

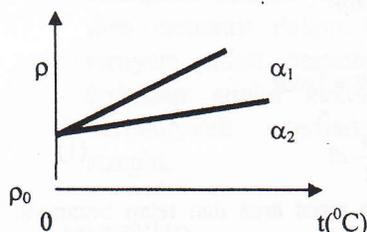
### c) Cahaya

Sel-sel selenium misalnya, mempunyai sifat bila kena cahaya, hambatan jenisnya akan berubah. Makin besar intensitas cahaya yang mengenainya, makin besar perubahan hambatan jenisnya.

Sifat ini dipergunakan untuk sel-sel foto listrik. Karena hambatan jenis sel-sel berubah, maka dalam rangkaian tadi intensitas arus listrik juga akan berubah. Dari perubahan intensitas arus listrik ini dapat dipergunakan sebagai sakelar.

**d) Suhu**

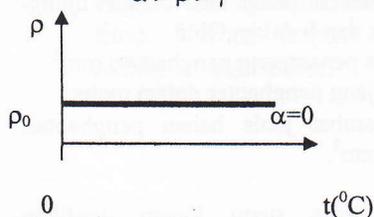
Hambatan jenis suatu zat, sebagai fungsi dari suhu, dapat dinyatakan oleh hubungan berikut:



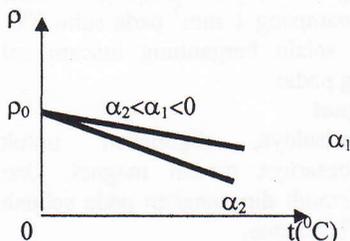
(a) Hambatan jenis fungsi suhu untuk  $\alpha_1 > \alpha_2 > 0$  (koefisien suhu positif)

$$\rho_t = (1 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3 + \dots) \quad (4)$$

dimana:  $\rho_t$  = hambatan jenis zat pada suhu  $t^\circ\text{C}$ .  
 $\rho_0$  = hambatan jenis zat pada suhu  $0^\circ\text{C}$ .  
 $\alpha; \beta; \gamma$  = konstanta-konstanta yang berbeda untuk zat-zat yang berbeda, dan pada umumnya  $\alpha > \beta > \gamma$



(b) Hambatan jenis fungsi suhu untuk  $\alpha = 0$



(c) Hambatan jenis fungsi suhu untuk  $\alpha_2 < \alpha_1 < 0$  (koefisien suhu negatif)

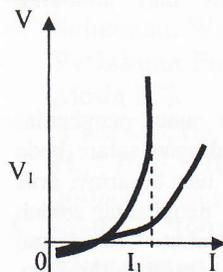
Gambar 1 Hambatan jenis fungsi dari suhu

Untuk logam-logam dengan koefisien suhu  $0,003 < \alpha < 0,005$ , sehingga  $\beta, \gamma$  dan  $\rho$  dapat diabaikan dengan tidak mendapatkan perubahan yang besar:

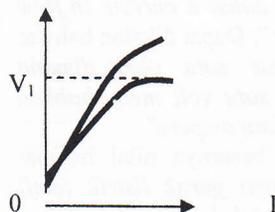
$$\rho_t = \rho_0 (1 + \alpha t) \quad (5)$$

Persamaan ini bila digambarkan sebagai fungsi suhu memberikan garis-garis yang lurus seperti dalam Gambar 1 diatas, suhu tiap  $\Omega$

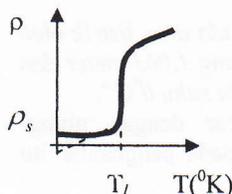
- Logam-logam dan arang murni mempunyai  $\alpha$  (koefisien suhu) positif,
- Arang dan selenium mempunyai  $\alpha$  (koefisien suhu) negatif.
- Selain itu, ada beberapa zat, misalnya konstantan (campuran Cu, Ni) dan manganin (campuran Mn, Cu, Ni), mempunyai  $\alpha$  sangat kecil, sehingga dapat dianggap nihil. Jadi untuk zat-zat tadi hambatan jenisnya, juga hambatannya, adalah konstan. Karena itu zat-zat tadi sering dipergunakan sebagai hambatan-hambatan normal pada alat-alat ukur yang membutuhkan ketepatan tinggi, sangat presisi.



(a) Hambatan dengan koefisien positif, untuk stabilisator arus



(b) Hambatan dengan koefisien negatif, untuk stabilisator tegangan



- (c) Hambat hantaran super,  
koefisien sangat kecil (nihil)

Gambar 2 Sifat hambatan-jenis penghantar

Menurut *Wiedemann-Franz*, pada logam-logam yang murni, hantaran-jenis listrik adalah sebanding dengan hantaran-jenis-panas.

Bila  $K$  adalah hantaran-jenis panas logam itu, dan  $\sigma$  hantar-jenis listriknya, maka menurut Hukum *Wiedemann-Franz* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{K}{\sigma} = 3 \left( \frac{k^2}{e} \right) T \quad (6)$$

dimana:  $k$  = konstanta *Boltzmann*  
 $e$  = muatan sebuah electron  
 $K$  = suhu *Kelvin*

Percobaan yang dilakukan tahun 1912 oleh *Kamerling Onnes* beberapa logam pada suhu-suhu yang sangat rendah adalah sangat kecilnya hambatan jenisnya, sehingga dapat dikatakan nihil. Ini disebut hantaran super (*super conductor*), dan suhu yang rendah itu dinamakan suhu loncat hantaran super. Gambar 2(c).

Beberapa zat yang mempunyai sifat-sifat tersebut antara lain:

Timah hitam, dengan suhu loncat:  $T_l = 7,3^\circ\text{K}$

Air raksa, dengan suhu loncat:  $T_l = 4,1^\circ\text{K}$

Timah putih, dengan suhu loncat:  $T_l = 3,7^\circ\text{K}$

Aluminium, dengan suhu loncat:  $T_l = 1,1^\circ\text{K}$

Seng, dengan suhu loncat:  $T_l = 0,8^\circ\text{K}$

Dan beberapa paduan logam-logam tersebut, dan juga beberapa campuran-campuran bismuth.

Pengaruh temperatur terhadap hambatan jika saat material mendapat panas, hambatan akan berubah sesuai dengan koefisien temperatur bahan:

$$\alpha = \frac{(R_t - R_0)}{\{R_0(t - t_0)\}}$$

$$R_t = R_0 \{1 \pm \alpha (t - t_0)\} \quad (7)$$

dimana:  $\alpha$  = koefisien temperatur  
 $R_t$  = besar hambatan setelah waktu  $t$   
 $R_0$  = besar hambatan awal  
 $t$  = besar temperatur akhir  
 $t_0$  = besar temperatur awal

Hambat suatu konduktor berbanding lurus dengan tahanan jenis dan panjang bahan dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya. Dapat dituliskan:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad (8)$$

Dimana:  $\rho$  = tahanan jenis bahan, Ohm.mm<sup>2</sup>/matau (Ohm/m/mm<sup>2</sup>)  
 $l$  = panjang konduktor, m  
 $A$  = luas penampang konduktor, mm<sup>2</sup>

#### e) Kemurnian zat

Kekotoran zat dapat menyebabkan adanya hambatan-sisa pada zat-zat yang menunjukkan gejala-gejala hantaran-super.

Makin kotor suatu zat makin besar hambatannya, jadi:

$$\rho_{\text{kotor}} > \rho_{\text{murni}} \quad (9)$$

Kekotoran itu dapat bersifat:

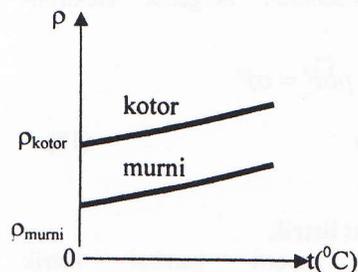
- Kimiawi, misalnya disebabkan oleh adanya zat-zat lain didalam zat tadi,
- Fisik (karena adanya tekanan-dalam atau karena letak kristal-kristal yang tak teratur).

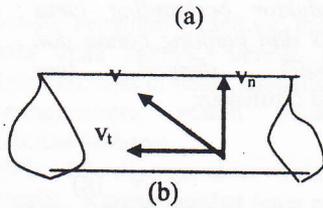
dapat diperoleh juga persamaan:

$$\begin{aligned} (\rho_{\text{kotor}})^0 > (\rho_{\text{murni}})^0 \quad \text{atau:} \\ (\rho_{\text{kotor}})^0 [1 + \alpha_{\text{kotor}} t] > (\rho_{\text{murni}})^0 [1 + \alpha_{\text{murni}} t] \end{aligned} \quad (10)$$

Bila kedua hambatan-jenis itu digambarkan sebagai fungsi suhu, maka bentuknya adalah garis-garis lurus. *Matthiessen* menyatakan bahwa kedua garis itu selalu sejajar, jadi mengunyai tangens yang sama. Gambar 3(a)

$$\alpha_{\text{murni}} (\rho_{\text{murni}})^0 > \alpha_{\text{kotor}} (\rho_{\text{kotor}})^0$$





Gambar 3 Percobaan Matthiessen

Menurut **Hukum Matthiessen**, bahwa:

$$(i) \frac{\alpha_{murni}}{\alpha_{kotor}} = \frac{(\rho_{kotor})^{0^{\circ}}}{(\rho_{murni})^{0^{\circ}}} > 1$$

(ii) "hambat yang ditambah dengan kekotoran zat dengan nilai yang sama, tidak bergantung kepada suhu"

Sebagai akibat dari poin (i), maka semakin kecil koefisien suhu,  $\alpha$ , itu semakin kotor lah zat itu.

Karena rapat arus dalam suatu penghantar, yang mempunyai hambatan jenis, sebanding dengan kuat medan listrik, menurut persamaan bahwa:

$$F = \rho S, \text{ atau } S = \sigma F \quad (11)$$

Dapat ditinjau sebuah penghantar yang terletak dalam sebuah medan listrik, yang mempunyai kuat medan  $F$ , menurut gambar 3(b) rapat arus dalam penghantar dapat dituliskan sebagai:

$$S = p \vec{v}_i \quad (12)$$

kecepatan gerak elektron-elektron bebas akan lebih besar bila medan listrik yang bekerja semakin besar.

$$\text{Jadi: } v_i \approx F \text{ atau } \vec{v}_i \approx F$$

$$\text{atau } \vec{v}_i \approx bF$$

dimana:  $b$  adalah sebuah konstanta yang menyatakan kebebasan bergerak elektron-elektron bebas.

$$S = p v_i = p b F = \sigma F$$

$$\text{jadi: } \sigma = p b \quad (13)$$

### Besaran hambatan listrik

Komponen seperti hambatan listrik (Resistor), juga kondensator, banyak yang tak

tertulis atau tidak dinyatakan besaran pada bendanya, seperti besaran 100 Ohm maupun 200p F dan lain-lain. Besaran komponen seperti ini dinyatakan dengan kode-kode tertentu atau berupa strip dengan warna-warna. Dengan mengartikan warna-warna yang terdapat pada komponen-komponen tersebut dapatlah diketahui kebesaran nilai dari komponen yang dimaksud.

Menurut Tabel I, kode warna dapat dilihat dan dibaca untuk mengartikan kode-kode yang tertera pada komponen-komponen. Pertamanya yang harus diketahui adalah menentukan besarnya bilangan yang ditunjukkan oleh masing-masing warna.

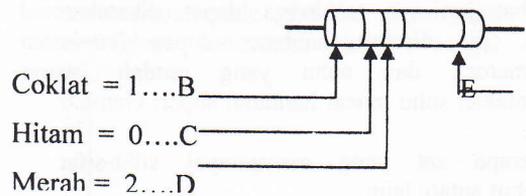
Masing-masing warna mengandung arti suatu angka, misalnya;

Hitam = 0

Coklat = 1

Merah = 2

Dan seterusnya.



Gambar 4 Kode warna hambatan listrik

Bilangan-bilangan itu diartikan atau dibaca menurut urutannya dari tepi kiri ke tepi kanan

Gambar 4 contoh membaca dan mengartikan warna pada tahanan, warna merah yang mengartikan bilangan 2 (dua) terletak di urutan akhir dari sisi kiri menunjukkan jumlah bilangan nol (0), jadi 2 = 00 (dua nol), urutan secara keseluruhan adalah coklat = 1, hitam = 0 dan merah = 2, terbaca 102 berarti 1000, maka tahanan tersebut mempunyai nilai 1000 Ohm.

Menurut Tabel 1 kode warna satuan hambatan listrik atau tahanan dalam Ohm ( $\Omega$ ) dan kondensator dalam piko Farad (pF).

Contoh di atas strip warna hanya terdiri dari tiga buah, dan sering kali ada yang empat buah. Urutan strip kode warna di atas dengan petunjuk B, C, D. Dalam membaca besaran B, C tetap merupakan kebesaran bilangan sesuai dengan warna, sedangkan D merupakan jumlah dari bilangan nol, Strip warna berikutnya sesuai dengan urutan di atas yaitu E, F, G dengan arti :

-E = menunjukkan Toleransi.

-F = menunjukkan kemampuan terhadap Temperatur, dan

-G = menunjukkan kemampuan terhadap Tegangan.

Pada komponen-komponen yang lazim dipergunakan (mengingat besaran nilai), tanda-tanda warna hanya ada empat buah mulai dari B,C, D, dan F. Apabila E berwarna perak berarti

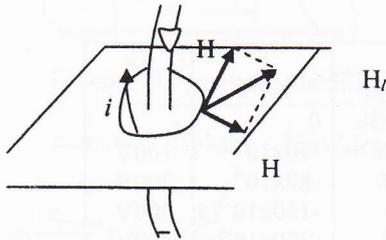
toleransi sama dengan 10 % jika berwarna emas, toleransi sama dengan 5% dan bila tanpa warna berarti 20 %.

TABEL 1 KODE WARNA

Warna	A	B	C	Nilai kali	E			F %/°C	G
					-	10 pF	10 pF		
Hitam	0	0	0	x 1      Ω/pF	-	±2pF	+ 20%	0	-
Coklat	1	1	1	x 10     Ω/pF	+ 1%	±0.1pF	±2%	-30x10 <sup>-6</sup>	100V
Merah	2	2	2	x 100    Ω/pF	+2%	±0.2p	±2%	-80x10 <sup>-6</sup>	200V
Oranye	3	3	3	x 1000   Ω/pF	-	±30%	-	-150x10 <sup>-6</sup>	300V
Kuning	4	4	4	x 10000   Ω/pF	-	±40%	±5%	-220x10 <sup>-6</sup>	400V
Hijau	5	5	5	x 100000   Ω/pF	-	±0.5pF	-	-330x10 <sup>-6</sup>	500V
Biru	6	6	6	x 1000000   Ω/pF	-	-	-	-410x10 <sup>-6</sup>	600V
Ungu	7	7	7	x 10000000   Ω	-	-	±10%	-750x10 <sup>-6</sup>	700V
Abu-abu	8	8	8	x 0.01     pF	-	±0.25pF	-	±30x10 <sup>-6</sup>	800V
Putih	9	9	9	x 0.1      pF	-	±1pF	±10%	-	900V
Emas	-	-	-	x 0.1      Ω	±5%	±5%	±5%	-	1000V
Perak	-	-	-	x 0.01     Ω	±10%	±10%	±10%	-	2000V
Tak berwarna	-	-	-	-	±20%	±20%	±20%	-	500V
Besaran					Toleransi			Koef. suhu	

**Induktor**

Menurut Maxwell : Bila sebuah bidang ditembus oleh sejumlah arus listrik, maka pada tiap-tiap titik dalam bidang tadi timbulah medan magnet  $H$ . Ketentuan ini dapat dilihat pada Gambar 4



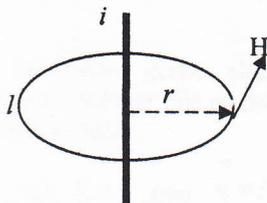
Gambar 4 Penghantar dialiri listrik menembus bidang

$$\oint H_t dl = \sum i \quad (14)$$

$\sum i$  adalah jumlah aljabar semua arus listrik yang menembus bidang terkait.  $H_t$  adalah komponen tangensial medan magnet  $H$  pada garis integrasi  $l$  yang membatasi bidang tersebut. Gambar 4. Arah arus dan arah integrasi diambil sedemikian sehingga sesuai dengan system kanan.

Contoh:

Besarnya intensitet medan magnet yang ditimbulkan oleh arus  $i$ , pada suatu titik sejarak  $r$  dari penghantar yang dilalui arus tadi, dapat ditentukan. Dengan mengambil garis atau jalan integrasi  $l$  sebuah lingkaran berjari-jari  $r$ , dan yang berdiri tegak lurus pada arah arus itu. Gambar 5.



Gambar 5 Medan listrik disekitar penghantar

Jadi :  $\oint H_t dl = \oint H dl = i$

Pada garis integrasi tersebut,  $H$  tetap besarnya, sehingga dalam integrasi itu  $H$  dapat dikeluarkan dari belakang tanda integrasinya

$$H \oint dl = i ; \text{ atau } H \cdot 2\pi r = i$$

$$\text{Jadi: } H = \frac{i}{2\pi r} \quad (15)$$

Intensites medan magnet merupakan kuat-medan magnet ( $H$ ) dengan satuan Oersted yang didifinisikan : "suatu medan magnet mempunyai kekuatan 1 oersted, jika sebuah kutub dengan kekuatan 1 m didalam medan itu mengalami gaya sebesar 1 dyne". Satuan dari kuat kutub ( $m$ ), yang didifinisikan: "kekuatan sebuah kutub, yang melakukan sebuah gaya sebesar 1 dyne pada sebuah kutub yang sama kuat dalam jarak 1 cm". Dan jumlah arus gaya atau fluks ( $\phi$ ) yang keluar dari sebuah kutub magnet dinyatakan dengan Maxwell. Antara kuat medan oersted dan arus gaya mempunyai hubungan bahwa kuat medan ialah 1 oersted kalau arus gaya sebesar 1 maxwell melalui bidang 1 cm<sup>2</sup>. Atau:  $H = \phi/A$

Induktor disimbolkan sebagai konduktor yang dililitkan atau kumparan penghantar. Kumparan penghantar ini akan mempunyai beda nilai elektris bilamana sumber listrik mempunyai besaran frekuensi yang berbeda. Misal antara frekuensi daya dengan frekuensi radio. Secara umum, inductor mempunyai simbol seperti berikut. Gambar 6.



- (a) Kumparan sempurna yang hanya mempunyai tahanan induksi sendiri dan tidak terdapat tahanan Ohm padanya. Kumparan seperti ini ideal, tidak mungkin ada, karena kawat penghantar mempunyai hambatan Ohm.



- (b) Kumparan yang sebenarnya mempunyai tahanan



- (c) Apabila diperlihatkan adanya tahanan induksi dan tahanan Ohm. Kumparan ini bila dipakai dalam frekuensi rendah, frekuensi daya, 50 Hz s.d. 60 Hz.



- d) Kumparan pemadam frekuensi rendah sempurna



- e) Kumparan pemadam frekuensi rendah yang sebenarnya yaitu mempunyai tahanan induksi sendiri dan tahanan Ohm

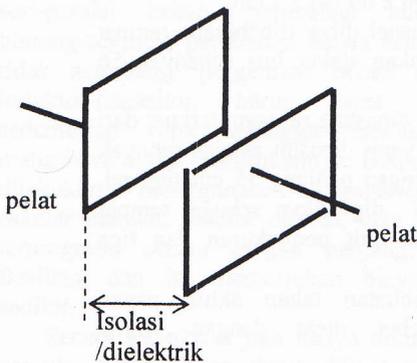


- f) Kumparan bila dipergunakan dalam frekuensi radio, frekuensi tinggi, akan mempunyai nilai tahanan induksi, nilai tahanan Ohm, dan nilai kapasitansi.

Maka dalam pembelitan kumparan untuk frekuensi radio antara jarak kawat belitan dimana memakai inti, udara atau logam lain harus memperhatikan jarak diantaranya.

### Kondensator

Dalam prinsipnya sebuah kondensator itu terdiri dari dua buah pelat logam yang berhadaphadapan, yang satu sama lain dipisahkan oleh sebuah dielektrika. Kedua logam itu mempunyai jumlah muatan yang sama, tetapi dengan tanda yang berlawanan. Kapasitas muatan kondensator tergantung dari luas permukaan aktif yang saling berhadapan. Meskipun mempergunakan pelat-pelat dengan luas bidang yang sama tetapi yang luas bidang aktif yang saling berhadapan akan berbeda. Bidang luas pelat kondensator yang aktif ini ialah bagian luas bidang yang saling menutupi letak berhadapan, disebut *luas giat* dinyatakan dengan huruf  $A$ , yang kapasitasnya berbanding lurus dengan ketetapan dielektrik ( $\epsilon$ ) dan berbanding terbalik dengan tebalnya dielektrikum  $d$ .



Gambar 7 Pelat kondensator

Karena adanya muatan-muatan listrik, maka dalam medium antara kedua pelat-pelat tersebut timbulah medan listrik  $F$ . Jadi antara kedua pelat kondensator itu ada beda potensial, yaitu:

$$V = \int_1^2 F_1 dl$$

Tidak bergantung kepada jalan integrasinya melainkan kepada titik-titik ujungnya, yaitu titik 1 dan 2. Jalan integrasi yang paling mudah ialah melalui garis medan listrik, dimana  $F_1 = F$ , sehingga:

$$V = \int_1^2 F dl$$

Makin banyak muatan pada pelat-pelat logam kondensator itu makin kuat medan listrik  $F$ , jadi makin besar pula  $V$ . Dengan demikian ada hubungan langsung antara beda potensial  $V$  dan muatan listrik  $Q$ .

$$Q \approx V$$

$$\text{atau } Q = CQ \quad (16)$$

dimana  $C$  sebuah konstanta perbandingan yang disebut *kapasitet* kondensator itu.

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q\epsilon}{\int_1^2 \epsilon F dl} = \frac{Q\epsilon}{\int_1^2 D dl} \quad (17)$$

Juga ada hubungan antara  $Q$  dan  $D$ , yaitu:

$$i = \frac{dQ}{dt} = \frac{dD}{dt} A \quad \text{atau} \quad D = \frac{Q}{A}$$

Rumus umumnya dituliskan:

$$Q = \int_A D_n dA \quad (18)$$

$D_n$  adalah komponen dari  $D$  yang tegak lurus pada elemen permukaan  $dA$ . Bila persamaan (18) dan dimasukkan dalam persamaan (17) akan diperoleh:

$$C = \frac{\epsilon}{\int_1^2 \frac{dl}{A}} \quad (19)$$

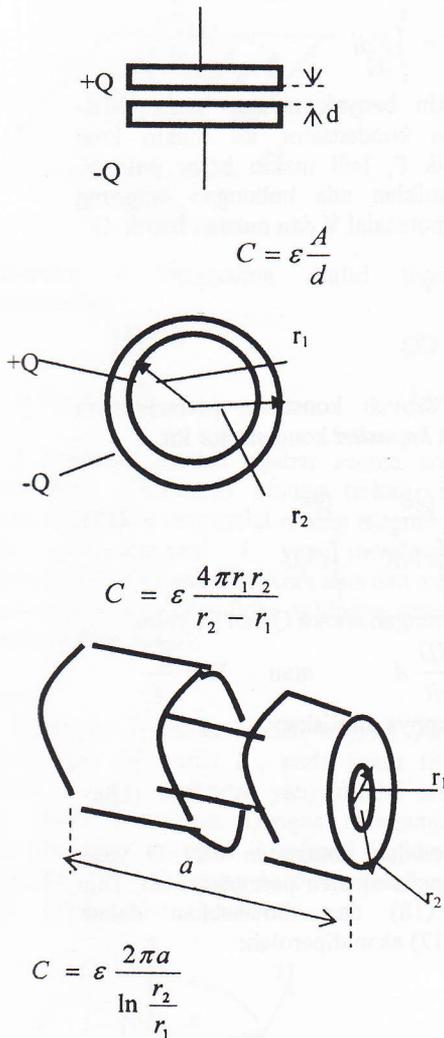
Dimana  $dl$  dan  $O$  pada umumnya merupakan suatu fungsi sistim koordinat  $x$ ,  $y$ , dan  $z$ .

Dibawah ini contoh beberapa bentuk kondensator-kondensator yang sering dijumpai dalam praktek.

Bila diamati, Gambar 8, nyatalah bahwa kapasitas  $C$  sebanding dengan besarnya konstanta dielektrik  $\epsilon$ , yaitu dielektrik medium antara kedua pelat-pelat penghantar kondensator.

Bila dielektrik  $\epsilon$  diperbesar atau diperkecil akan sangat mempengaruhi nilai kapasitas  $C$ , menjadi besar atau menjadi kecil. Berbagai-bagai nilai  $C$  dapat diperoleh dengan memberikan bahan penyekat (dielektrika) yang berbeda-beda antara kedua pelat-pelat penghantar itu. Didefinisi kapasitas

ialah:” bahwa suatu penghantar mempunyai kapasitas sebesar 1 Farad, apabila karena muatan sebesar 1 coulomb memperoleh potensial 1 Volt”. Contoh nilai kondensator C seperti terlihat pada table 1.



Gambar 8 Contoh bentuk kondensator

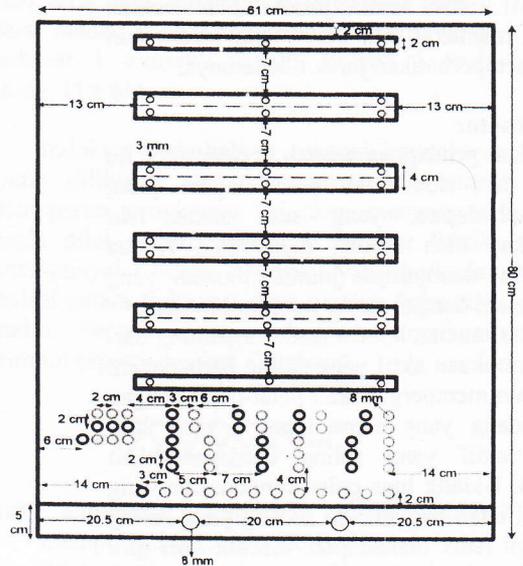
**Hubungan beban listrik**

Beban listrik tiga fasa pada umumnya dihubung star (Y) dan atau delta (Δ). Masing-masing fasa dari listrik tiga fasa biasanya mempunyai beban impedansi. Impedansi ini mempunyai besaran Ohm, yang terdiri dari beberapa beban dasar, seperti hambat listrik atau resistor, induktor dan kapasitor. Beban dasar terangkai deret atau parallel dalam satu fasa dari tiga fasa yang ada. Jadi masing-masing fasa mempunyai beban sendiri-sendiri. Walaupun setiap fasa dari fasa tiga masing-masing mempunyai beban sendiri, tetapi diusahakan beban dalam rangkaian system tiga fasa harus seimbang, artinya tiap-tiap fasa

mempunyai beban yang sama besar nilai impedansinya dan reaktansinya. Beban seperti ini harus diupayakan agar kawat netral tidak dilaliri listrik.

**Pembuatan Papan Panel**

Unit alternator fasa 3 dibuat dari generator mobil yang dimodifikasi, maka segala ukuran panel tidak mengikat seperti panel sesungguhnya yang harus memenuhi aturan PUIL. Papan panel cukup direncanakan sedemikian rupa sehingga akan tampak rapi dan sesuai dengan motor penggerak mula, sebagai model adalah sebagai berikut :



Gambar 9 Papan panel

- Papan panel dibuat dari papan dengan ukuran 80 cm x 60 cm x 2 cm.
- Kemudian panel dibor di beberapa tempat untuk peletakan steker bus sebanyak 56 buah.
- Papan panel dipasang rel yang terbuat dari alumunium yang disusun sejajar sebnjak 5 pasang dengan panjang 35 cm tiap rel. Rel tersebut digunakan sebagai tempat jalannya dua unit pengukuran dan tiga unit beban.
- Untuk pembuatan tahap akhir, papan panel tersebut dicat dengan warna tertentu.

**Pembuatan Panel Alat Ukur**

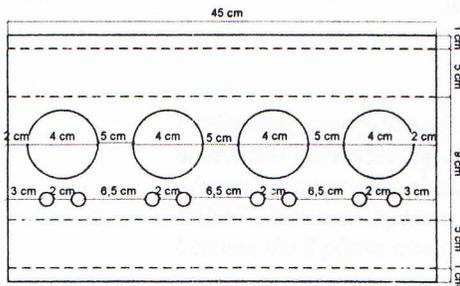
Model panel alat ukur diusahakan sedemikian rupa sehingga alat-alat ukur dapat terlihat dengan jelas, tetapi juga kokoh. Sebagai alat praktik dapat disesuaikan menurut kebutuhan.

Contoh model unit pengukuran adalah seperti berikut, lihat gambar 10 dan 11.

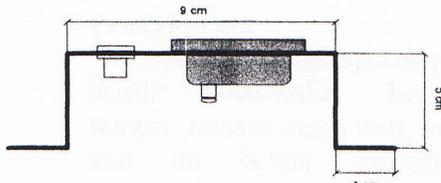
- Unit pengukuran terbuat dari bahan galvanis yang dibentuk slot-slot

menyerupai bentuk pulsa dengan ukuran 34 cm x 9 cm x 8 mm

- Jumlah slot-slot yang dibuat untuk unit pengukuran dua buah yang akan dirangkai pada rel-rel yang tersedia dipapan panel.
- Setelah terbentuk slot-slot diberi empat lubang sebagai tempat alat ukur yaitu Amperemeter atau voltmeter yang dilengkapi dengan empat pasang steker bus untuk penjamperan.
- Kemudian untuk hasil lebih sempurna unit pengukuran dicat menurut warna tertentu.



Gambar 10 Lempengan unit pengukuran

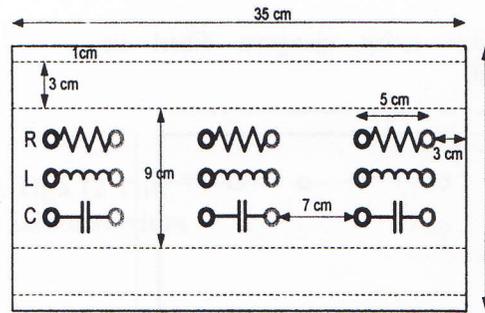


Gambar 11 Slot untuk tempat alat ukur

### Pembuatan Panel Beban

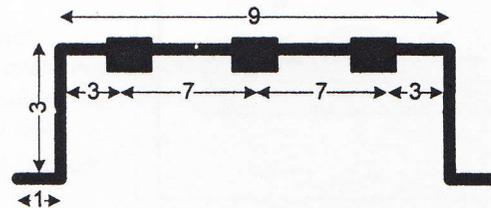
Unit praktikum yang baik dapat memberikan fasilitas untuk menumbuhkan kreatifitas mahasiswa. Perubahan hubungan seri-paralel beban, perubahan hubungan bintang-segitiga, perubahan beban seimbang-tidak seimbang, pergantian beban resistor-induktor-kapasitor, harus dapat diubah sedemikian rupa sehingga memudahkan mahasiswa untuk melakukannya. Disini dapat dilakukan menggunakan jamper-hubung, sakelar manual, sakelar otomatis, atau sakelar terprogram, secara jangka panjang diberi fasilitas, dan ini memerlukan biaya tidak sedikit.

Secara sederhana jika hanya untuk taraf pemula, panel beban dapat dibuat menurut kemampuan teknis dan ekonomi, tetapi memenuhi untuk praktikum, ini dapat dilakukan berbagai cara, antara lain panel beban dibuat berupa slot-slot yaitu sebanyak tiga slot untuk tiga fasa, seperti berikut, lihat gambar 12, dan 13.



Gambar 12

Lempengan Slot untuk unit beban



Gambar 13

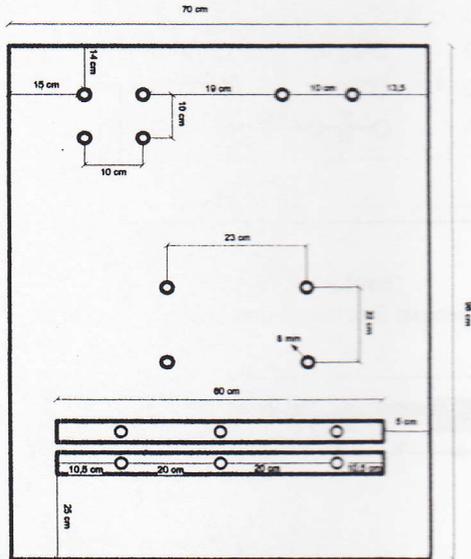
Slot untuk unit beban tampak samping

- Pembuatannya seperti unit pengukuran yaitu berupa slot-slot.
- Tiap slot diberi beban yang berbeda yaitu:
  - Slot pertama untuk resistor dengan besaran  $R = 100\Omega$  sebanyak 3 buah,  $R = 200\Omega$  sebanyak 3 buah dan  $R = 300\Omega$  sebanyak 3 buah.
  - Slot kedua untuk induktor dengan besaran  $L = 2,5 H$  100 mA sebanyak 3 buah,  $L = 2,5 H$  200 mA sebanyak 3 buah dan  $L = 2,5 H$  300 mA sebanyak 3 buah.
  - Slot ketiga untuk kapasitor dengan besaran  $C = 4 \mu F$  sebanyak 3 buah,  $C = 4,7 \mu F$  sebanyak 3 buah dan  $C = 5\mu F$  sebanyak 3 buah.
- Kemudian untuk hasil lebih sempurna unit beban juga dicat dengan warna tertentu.

### Pembuatan Landasan Unit

Landasan ini dibuat dari papan kayu cukup keras, agar jika dipindah-pindahkan tetap kuat, ukuran disesuaikan dengan besar motor dan generator, serta alat kebutuhan lainnya. Unit ini memerlukan papan persegi berukuran 100 cm x 70 cm x 1.5 cm. Lihat gambar 25. Landasan ini akan menopang semua perangkat dan alat yaitu sebagai dudukan alternator 3 fasa yang dikopel dengan motor kapasitor satu fasa dan juga sebagai landasan bagi papan panel. Selain itu juga di landasan ini sebagai tempat instalasi perkabelan. Agar penampilan landasan ini lebih menarik maka dicat dengan warna

tertentu dan setiap ujungnya diberi lis aluminium.



Gambar 14 Landasan perangkat dan alat

### Penutup

Pengadaan unit beban praktikum secara mandiri, dirancang oleh Dosen dan dikerjakan oleh mahasiswa, untuk menghemat anggaran pembelajaran praktik. Disamping untuk menghemat biaya juga untuk menumbuhkembangkan kreatifitas dan ketrampilan mahasiswa. Proses pembelajaran dimulai dari unit praktik belum ada menjadi ada, dan pendalaman praktikum oleh mahasiswa lebih intensif. Unit-unit praktikum yang juga dapat diadakan menurut kreatifitas sendiri.

### Daftar Pustaka

A. Schuler, Charles. & Mc. Namee, William L.. *Modern Industrial Electronic*. New York.

Afandi, M. dan Punidjo, Agus.1974. *Ilmu Listrik 2*. Dept. P dan K : Jakarta

Johannes. *Listrik dan Magnet* . PN. Balai Pustaka : Jakarta.

Kuznetsove, M. *Fundamentals of Electrical Engineering*. Moscow

Petruzella, Frank D. 2000. *Elektronik Industri*. Andi : Yogyakarta

Rieger, Heinz. Zeiruddin. *Teknik Listrik*. Teknik H.STAM : Jakarta *ksi Sendiri*. Siemens Aktiengesellschaft

Soeparno, dkk..1974. *Mesin Listrik 2*. Dept. P dan K : Jakarta.

Subijanto dan M.R. Tambuang, 1977 *Serbaneka Elektronika*, t.p., Yogya karta.

Theraja, B.L. 1988. *A Text-Book of Technology in S.I. Sistem of Units*. Ram Nagar L : New Delhi.

Woodlard, Barry Woodlard. 2003. *Elektronika Praktis*. PT Pradnya Paramita : Jakarta.

Zuhail.. 1982. *Dasar Tenaga Listrik*. ITB : Bandung