

Berkas Pengajaran Mata Kuliah Pengukuran Besaran Listrik Klas A

1. Surat Penugasan Tenaga Pendidik No : 102/03.1-G/III/2023
2. Materi Kuliah pengukuran besaran Listrik
3. BAP
4. Nilai
5. Absen Kehadiran



YAYASAN PERGURUAN CIKINI
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Moh. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640
Telp. 021-7270090 (hunting), Fax. 021-7866955, hp: 081291030024
Email : humas@istn.ac.id Website : www.istn.ac.id

SURAT PENUGASAN TENAGA PENDIDIK

Nomor : **IQ/03.1 – G / III / 2023**
SEMESTER **GENAP**, TAHUN AKADEMIK 2022 / 2023

Nama	: Nizar Rosyidi,Ir,MT	Status Pegawai	: Edukatif Tetap / Tidak Tetap		
NIK	: 22860028	Program Studi	: Teknik Elektro		
Jabatan Akademik	: Lektor				
Bidang	Perincian Kegiatan	Tempat	Jam/ Minggu	Kinerja (sks)	Keterangan
I PENDIDIKAN Dan PENGAJARAN	MENGAJAR DI KELAS (KULIAH / RESPONSI DAN LABORATORIUM)				
	1. Metode Penelitian (Kls A)			2	Kamis,10.00-11.40
	2. Pengukuran Besaran Listrik (Kls A)			2	Senin, 13.00-14.40
	3. Analisa Sistem Tenaga (Kls K)			2	Sabtu,08.00-09.40
	4. Metode Penelitian (Kls K)			2	Senin,19.00-20.40
	5. Pengukuran Besaran Listrik (Kls K)			2	Rabu,19.00-20.40
	6. Sistem Distribusi Daya listrik (Kls K)			2	Kamis,19.00-20.40
	7. Distribusi dan Proteksi Tenaga Listrik (D.III)			2	Selasa, 10.00-11.40
	8.				
	9.				
	10.				
	11.				
	12.				
	13.				
	14.				
	15.				
	16.				
	17. Membimbing Skripsi / Tugas Akhir				1
18. Menguji Skripsi / Tugas Akhir				1	
II PENELITIAN	1. Penelitian Ilmiah				
	2. Penulisan Karya Ilmiah			1	
	3. Penulisan Diklat Kuliah				
	4. Menerjemahkan Buku				
	5. Pembuatan Rancangan Teknologi				
	6. Pembuatan Rancangan & Karya Pertunjukan				
III PENGABDIAN DAN MASYARAKAT	1. Menduduki Jabatan di Pemerintahan				
	2. Pengembangan Hasil Pendidikan Dan Penelitian				
	3. Memberikan Penyuluhan/Pelatihan/Ceramah pada masyarakat				1
	4. Memberikan Pelayanan Kepada Masyarakat Umum				
	5. Menulis Karya Pengabdian Pada Masyarakat yang tidak dipublikasikan				
6. Komersial / Kesepakatan					
IV UNSUR-UNSUR PENUNJANG	1. Jabatan Struktural				
	2. Penasehat Akademik			1	
	3. Berperan serta aktif dalam pertemuan ilmiah / seminar				
	4. Pengembangan program kuliah / Kelompok Ilmu Elektro				
	5. Menjadi anggota panitia / Badan pada suatu Perguruan Tinggi				
	6. Menjadi anggota Badan Lembaga Pemerintah				
	7. Menjadi Anggota Organisasi Profesi				
	8. Mewakili PT / Lembaga Pemerintah duduk dalam Panitia antar Lembaga				
	9. Menjadi Anggota Delegasi Nasional ke Parlemen – Parlemen Internasional				
Jumlah Total				19	

Kepada yang bersangkutan akan diberikan gaji / honorarium sesuai dengan peraturan penggajian yang berlaku di Institut Sains dan Teknologi Nasional
Penugasan ini berlaku dari tanggal **20 Maret 2023** sampai dengan tanggal **31 Agustus 2023**.

Jakarta, 20 Maret 2023
Dekan,

(Dr. Musfirah Cahya F.T.S.Si., M.Si.)

Tembusan :

1. Direktur Akademik - ISTN
2. Direktur Non Akademik – ISTN
3. Ka. Biro Sumber Daya Manusia - ISTN
4. Kepala Program Studi Fak.
5. Arsip

Ketelitian alat ukur listrik

Karakteristik dari suatu alat ukur adalah:

- Ketelitian
- Kepekaan
- Resolusi
- Repeatibility
- Efisiensi

Ketelitian

Ketelitian didefinisikan sebagai persesuaian antara pembacaan alat ukur dengan nilai sebenarnya dari besaran yang diukur. Ketelitian alat ukur dinilai dalam persentase kesalahannya. Kesalahan ialah selisih antara hasil pembacaan pada alat ukur dan nilai sebenarnya. Dapat dituliskan dalam persamaan :

$$\varepsilon = M - T$$

dengan :

ε = kesalahan dari alat ukur

M = hasil pengukuran

T = harga sebenarnya besaran yang diukur

Kesalahan relatif atau rasio kesalahan yaitu ε/T yang dinyatakan dalam persentase yaitu % kesalahan. Pengukuran yang teliti adalah pengukuran dengan kesalahan kecil.

Sedangkan selisih dari harga ukur M dengan harga sebenarnya T yaitu :

$$\alpha = T - M$$

α = koreksi

Rasio koreksi atau koreksi relatif α/M dinyatakan dalam persentase yaitu % koreksi

Misalkan arus dengan harga sebenarnya 25,0 A telah diukur dengan suatu alat ukur didapatkan harga 24,3 A maka alat ukur tersebut

$$\varepsilon = - 0,7 \text{ A}$$

$$\alpha = 0,7 \text{ A}$$

$$\% \varepsilon = - 2,8 \%$$

$$\% \alpha = 2,9 \%$$

Kesalahan pada alat ukur umumnya dinyatakan dalam klas ketelitian yang dinyatakan dengan klas 0,05 , 0,1 , 0,2 ,0,5 , 1 , 1,5 , 2,5 , 5. Berdasarkan klas ketelitian tersebut alat-alat ukur dibagi menjadi :

- 1 Alat ukur dengan ketelitian tertinggi yaitu alat ukur yang mempunyai klas 0,05 , 0,1 , 0,2 biasanya ditempatkan secara stasioner di dalam laboratorium atau ruangan standar dan dipergunakan dalam pengukuran sub-standar pada experimen-experimen yang memerlukan presisi yang tinggi, atau pada pengujian alat ukur lainnya.
- 2 Alat ukur dari kelas 0,5: dipergunakan untuk pengukuran-pengukuran presisi. Pada umumnya alat-alat ukur yang portable termasuk dalam kelas ini.
- 3 Alat ukur dari kelas 1.0: Alat ukur dari kelas ini mempunyai presisi dan ketelitian pada tingkat yang lebih rendah dari alat ukur kelas 0,5, dan dipergunakan pada alat-alat ukur portable yang kecil atau alat-alat ukur yang ditempatkan pada panel yang besar.
- 4 Alat-alat ukur dari kelas 1,5 , 2,5 atau klas 5: Alat-alat ukur ini dipergunakan pada panel-panel dimana presisi serta ketelitian dari pada alat ukur ini tidak begitu penting.

Dalam hal presisi atau ketelitian dari suatu alat pengukur perlu dipahami. Misalkan bahwa alat pengukur amper arus searah kelas 1 dengan harga skala maksimal sebesar 3 A, menunjukkan 0,6 A, pada waktu alat tersebut dipergunakan untuk mengukur arus searah yang mempunyai harga sebenarnya 0,62 A. Kesalahan dalam hal ini adalah - 0,02 A, dan dengan demikian maka ratio kesalahan relatif terhadap harga skala maksimal adalah $- 0,02/3 = - 0,7\%$ dan ratio kesalahan terhadap harga penunjukan $- 0,02/0,6 = - 3,3\%$. Jadi alat ukur ini yang memang termasuk alat ukur kelas 1, akan tetapi harga ukurnya di dalam praktek mempunyai kesalahan sebanyak - 3.3 %. Seperti dalam contoh ini maka batas kesalahan dari suatu alat ukur yang dispesifikasikan dalam

standar-standar yang tertentu, tidak memberikan garansi bahwa kesalahan pada penunjukan di dalam daerah penting adalah di dalam batas-batas $\pm 1,0\%$.

Sebab-sebab Kesalahan Dari Alat Ukur

Setiap alat ukur terdapat batas-batas kesalahan yang diperkenankan, sesuai dengan kelas dari pada kelas alat ukur tersebut. Akan tetapi dalam pemakaian ada banyak hal yang perlu diperhatikan seperti berikut ini.

1. Medan magnet luar.

Bila suatu alat ukur dipergunakan di sekitar suatu pengantar yang dialiri arus besar, atau di sekitar suatu magnet yang sangat kuat maka medan magnet yang terdapat dalam celah udara pada sirkuit magnet dari pada alat ukur bisa terpengaruh.

2. Temperatur keliling.

Suatu alat ukur telah dibuat untuk tidak terpengaruh oleh keadaan temperatur keliling, akan tetapi bila keadaan temperatur keliling tersebut adalah jauh berbeda dari pada temperatur 20°C , maka kesalahan-kesalahannya mungkin tidak dapat lagi diabaikan.

3. Pemanasan sendiri.

Bila satu arus mengalir ke dalam alat ukur, maka pada permulaan temperatur dari pada komponen alat ukur tersebut akan menaik, dan menyebabkan penunjukannya berubah. Jadi penunjukan tidak akan menjadi stabil sebelum temperatur dari alat ukur tersebut konstan.

4. Pergeseran dari titik nol.

Posisi dari pada alat penunjuk dari alat ukur tanpa kebesaran listrik yang masuk, disebut titik nol. Setelah digunakan untuk beberapa lamanya, kemungkinan titik nol tersebut berubah, yang disebabkan oleh kondisi kelelahan dari pegas-pegas pengontrol. Pergeseran dari titik nol ini dapat dikoreksi dengan pergeseran secara

mekanis yaitu pengaturan titik nol dari luar.(gambar 1)

5. Gesekan-gesekan.

Pada alat ukur yang dibuat dengan konstruksi sumbu dan bantalan, maka pengukuran yang dilakukan berulang kali mungkin menyebabkan harga-harga yang berbeda, meskipun arus yang diukurnya adalah tetap. Hal ini mungkin terjadi bila gesekan antara sumbu dan bantalan nilainya besar.

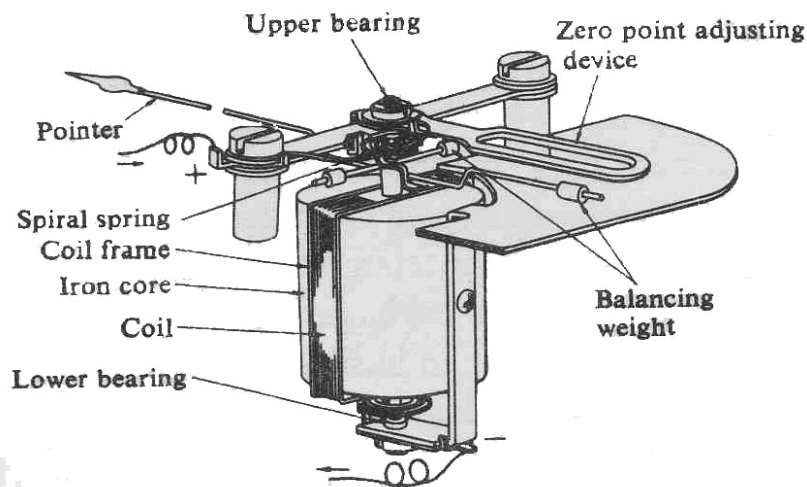
6. Umur.

Setelah jangka waktu pemakaian, maka berbagai komponen dan elemen pada alat ukur mungkin berubah sehingga akan menghasilkan kesalahan penunjukan dari alat ukur. Agar alat ukur ini tetap siap untuk pengukuran, maka sebaiknya dilakukan kalibrasi secara berkala, dalam interval waktu antara setengah tahun sampai dengan setahun.

7. Letak dari alat ukur.

Bagian-bagian yang bergerak dari alat ukur telah dibuat sedemikian rupa, sehingga memungkinkan pengaturan-pengaturan yang terbatas, dan dengan demikian, bila alat ukur tersebut dipakai dengan letak yang tidak ditentukan, maka posisi dari pada bagian yang bergerak seperti alat penunjuknya, mungkin berbeda dan menghasilkan kesalahan. Karena titik berat dari bagian yang bergerak dari suatu alat ukur, telah diatur atau disetel dengan mempergunakan berat-berat pengatur seperti terlihat pada gambar.1, sehingga tidak terjadi kesalahan meskipun alat ukur tersebut dipakai pada letak yang berbeda. Akan tetapi adalah penting untuk mempergunakan alat ukur ini sedapat mungkin dengan posisi yang telah ditentukan.. Letak penggunaan dari pada alat ukur dinyatakan pada papan skala suatu alat ukur dengan mempergunakan simbol-simbol tertentu, contoh :

Letak	Tanda
Tegak	⊥
Datar	⌈
Miring (contohnya dengan sudut 60°)	△60°



Gambar 1 : Bagian berputar dari suatu alat ukur kumparan putar

Kepekaan

Kepekaan ialah perbandingan antara besaran akibat (response) dan besaran yang diukur. Kepekaan ini mempunyai satuan, misalnya $\text{mm}/\mu\text{A}$. Sering kepekaan ini dinyatakan dengan sebaliknya yaitu simpangan dinyatakan $\mu\text{A}/\text{mm}$

Resolusi

Resolusi dari suatu alat ukur adalah pertambahan yang terkecil dari besaran yang diukur yang dapat dideteksi alat ukur. Misalnya suatu Voltmeter mempunyai skala seragam yang terbagi atas 100 bagian dan berskala penuh sama dengan 200 V, maka deskriminasi alat ukur sama dengan 2 V. atau 1/100

Repeatibility

Banyak alat ukur mempunyai sifat bahwa nilai penunjukkannya bertendensi bergeser yaitu dengan satu nilai masukan yang sama nilai pembacaan berubah.

Ketelitian alat ukur listrik

Karakteristik dari suatu alat ukur adalah:

- Ketelitian
- Kepekaan
- Resolusi
- Repeatibility
- Efisiensi

Ketelitian

Ketelitian didefinisikan sebagai persesuaian antara pembacaan alat ukur dengan nilai sebenarnya dari besaran yang diukur. Ketelitian alat ukur dinilai dalam persentase kesalahannya. Kesalahan ialah selisih antara hasil pembacaan pada alat ukur dan nilai sebenarnya. Dapat dituliskan dalam persamaan :

$$\varepsilon = M - T$$

dengan :

ε = kesalahan dari alat ukur

M = hasil pengukuran

T = harga sebenarnya besaran yang diukur

Kesalahan relatif atau rasio kesalahan yaitu ε/T yang dinyatakan dalam persentase yaitu % kesalahan. Pengukuran yang teliti adalah pengukuran dengan kesalahan kecil.

Sedangkan selisih dari harga ukur M dengan harga sebenarnya T yaitu :

$$\alpha = T - M$$

α = koreksi

Rasio koreksi atau koreksi relatif α/M dinyatakan dalam persentase yaitu % koreksi

Misalkan arus dengan harga sebenarnya 25,0 A telah diukur dengan suatu alat ukur didapatkan harga 24,3 A maka alat ukur tersebut

$$\varepsilon = - 0,7 \text{ A}$$

$$\alpha = 0,7 \text{ A}$$

$$\% \varepsilon = - 2,8 \%$$

$$\% \alpha = 2,9 \%$$

Kesalahan pada alat ukur umumnya dinyatakan dalam klas ketelitian yang dinyatakan dengan klas 0,05 , 0,1 , 0,2 , 0,5 , 1 , 1,5 , 2,5 , 5. Berdasarkan klas ketelitian tersebut alat-alat ukur dibagi menjadi :

- 1 Alat ukur dengan ketelitian tertinggi yaitu alat ukur yang mempunyai klas 0,05 , 0,1 , 0,2 biasanya ditempatkan secara stasioner di dalam laboratorium atau ruangan standar dan dipergunakan dalam pengukuran sub-standar pada experimen-experimen yang memerlukan presisi yang tinggi, atau pada pengujian alat ukur lainnya.
- 2 Alat ukur dari kelas 0,5: dipergunakan untuk pengukuran-pengukuran presisi. Pada umumnya alat-alat ukur yang portable termasuk dalam kelas ini.
- 3 Alat ukur dari kelas 1.0: Alat ukur dari kelas ini mempunyai presisi dan ketelitian pada tingkat yang lebih rendah dari alat ukur kelas 0,5, dan dipergunakan pada alat-alat ukur portable yang kecil atau alat-alat ukur yang ditempatkan pada panel yang besar.
- 4 Alat-alat ukur dari kelas 1,5 , 2,5 atau klas 5: Alat-alat ukur ini dipergunakan pada panel-panel dimana presisi serta ketelitian dari pada alat ukur ini tidak begitu penting.

Dalam hal presisi atau ketelitian dari suatu alat pengukur perlu dipahami. Misalkan bahwa alat pengukur amper arus searah kelas 1 dengan harga skala maksimal sebesar 3 A, menunjukkan 0,6 A, pada waktu alat tersebut dipergunakan untuk mengukur arus searah yang mempunyai harga sebenarnya 0,62 A. Kesalahan dalam hal ini adalah - 0,02 A, dan dengan demikian maka ratio kesalahan relatif terhadap harga skala maksimal adalah $- 0,02/3 = - 0,7\%$ dan ratio kesalahan terhadap harga penunjukan $- 0,02/0,6 = - 3,3\%$. Jadi alat ukur ini yang memang termasuk alat ukur kelas 1, akan tetapi harga ukurnya di dalam praktek mempunyai kesalahan sebanyak - 3.3 %. Seperti dalam contoh ini maka batas kesalahan dari suatu alat ukur yang dispesifikasikan dalam

standar-standar yang tertentu, tidak memberikan garansi bahwa kesalahan pada penunjukan di dalam daerah penting adalah di dalam batas-batas $\pm 1,0\%$.

Sebab-sebab Kesalahan Dari Alat Ukur

Setiap alat ukur terdapat batas-batas kesalahan yang diperkenankan, sesuai dengan kelas dari pada kelas alat ukur tersebut. Akan tetapi dalam pemakaian ada banyak hal yang perlu diperhatikan seperti berikut ini.

1. Medan magnet luar.

Bila suatu alat ukur dipergunakan di sekitar suatu pengantar yang dialiri arus besar, atau di sekitar suatu magnet yang sangat kuat maka medan magnet yang terdapat dalam celah udara pada sirkuit magnet dari pada alat ukur bisa terpengaruh.

2. Temperatur keliling.

Suatu alat ukur telah dibuat untuk tidak terpengaruh oleh keadaan temperatur keliling, akan tetapi bila keadaan temperatur keliling tersebut adalah jauh berbeda dari pada temperatur 20°C , maka kesalahan-kesalahannya mungkin tidak dapat lagi diabaikan.

3. Pemanasan sendiri.

Bila satu arus mengalir ke dalam alat ukur, maka pada permulaan temperatur dari pada komponen alat ukur tersebut akan menaik, dan menyebabkan penunjukannya berubah. Jadi penunjukan tidak akan menjadi stabil sebelum temperatur dari alat ukur tersebut konstan.

4. Pergeseran dari titik nol.

Posisi dari pada alat penunjuk dari alat ukur tanpa kebesaran listrik yang masuk, disebut titik nol. Setelah digunakan untuk beberapa lamanya, kemungkinan titik nol tersebut berubah, yang disebabkan oleh kondisi kelelahan dari pegas-pegas pengontrol. Pergeseran dari titik nol ini dapat dikoreksi dengan pergeseran secara

mekanis yaitu pengaturan titik nol dari luar.(gambar 1)

5. Gesekan-gesekan.

Pada alat ukur yang dibuat dengan konstruksi sumbu dan bantalan, maka pengukuran yang dilakukan berulang kali mungkin menyebabkan harga-harga yang berbeda, meskipun arus yang diukurnya adalah tetap. Hal ini mungkin terjadi bila gesekan antara sumbu dan bantalan nilainya besar.

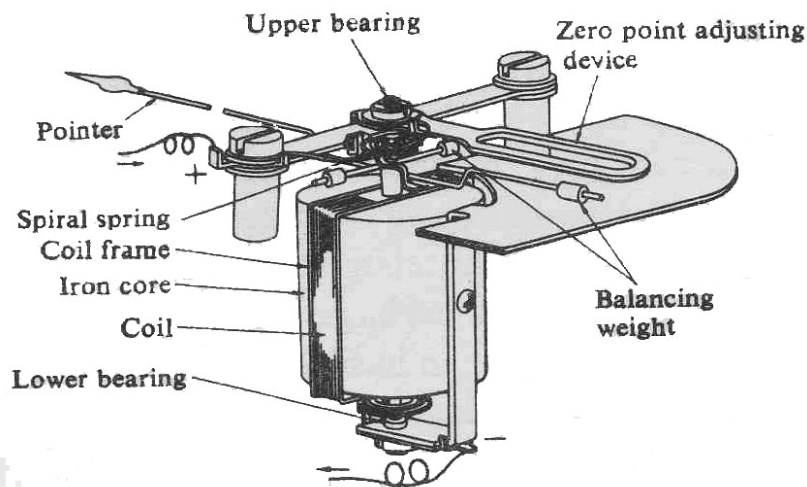
6. Umur.

Setelah jangka waktu pemakaian, maka berbagai komponen dan elemen pada alat ukur mungkin berubah sehingga akan menghasilkan kesalahan penunjukan dari alat ukur. Agar alat ukur ini tetap siap untuk pengukuran, maka sebaiknya dilakukan kalibrasi secara berkala, dalam interval waktu antara setengah tahun sampai dengan setahun.

7. Letak dari alat ukur.

Bagian-bagian yang bergerak dari alat ukur telah dibuat sedemikian rupa, sehingga memungkinkan pengaturan-pengaturan yang terbatas, dan dengan demikian, bila alat ukur tersebut dipakai dengan letak yang tidak ditentukan, maka posisi dari pada bagian yang bergerak seperti alat penunjuknya, mungkin berbeda dan menghasilkan kesalahan. Karena titik berat dari bagian yang bergerak dari suatu alat ukur, telah diatur atau disetel dengan mempergunakan berat-berat pengatur seperti terlihat pada gambar.1, sehingga tidak terjadi kesalahan meskipun alat ukur tersebut dipakai pada letak yang berbeda. Akan tetapi adalah penting untuk mempergunakan alat ukur ini sedapat mungkin dengan posisi yang telah ditentukan.. Letak penggunaan dari pada alat ukur dinyatakan pada papan skala suatu alat ukur dengan mempergunakan simbol-simbol tertentu, contoh :

Letak	Tanda
Tegak	⊥
Datar	⌈
Miring (contohnya dengan sudut 60°)	△60°



Gambar 1 : Bagian berputar dari suatu alat ukur kumparan putar

Kepekaan

Kepekaan ialah perbandingan antara besaran akibat (response) dan besaran yang diukur. Kepekaan ini mempunyai satuan, misalnya $\text{mm}/\mu\text{A}$. Sering kepekaan ini dinyatakan dengan sebaliknya yaitu simpangan dinyatakan $\mu\text{A}/\text{mm}$

Resolusi

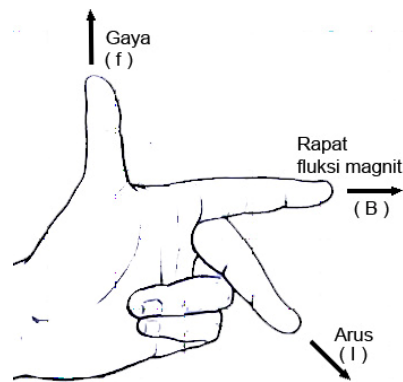
Resolusi dari suatu alat ukur adalah pertambahan yang terkecil dari besaran yang diukur yang dapat dideteksi alat ukur. Misalnya suatu Voltmeter mempunyai skala seragam yang terbagi atas 100 bagian dan berskala penuh sama dengan 200 V, maka deskriminasi alat ukur sama dengan 2 V. atau 1/100

Repeatibility

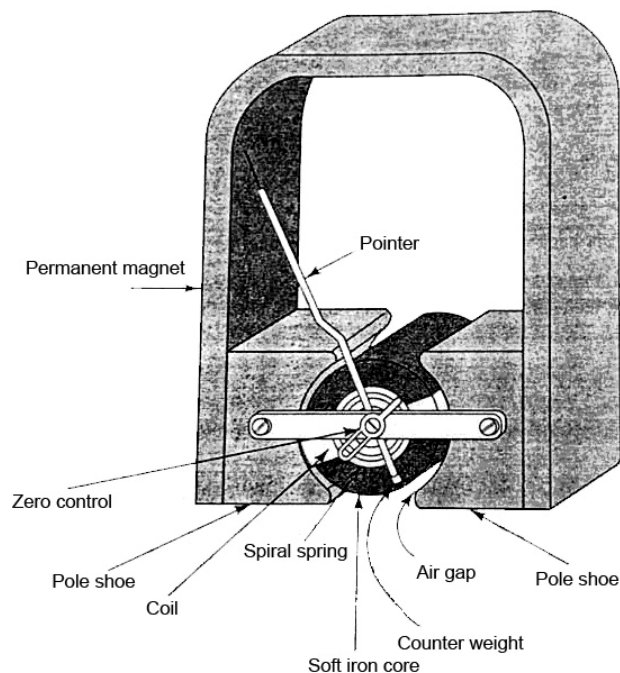
Banyak alat ukur mempunyai sifat bahwa nilai penunjukkannya bertendensi bergeser yaitu dengan satu nilai masukan yang sama nilai pembacaan berubah.

1 Alat Ukur Kumparan Putar

Alat ukur kumparan putar adalah alat ukur yang bekerja atas dasar prinsip kumparan listrik yang ditempatkan dalam medan magnet yang berasal dari magnet permanen. Magnet permanen terbuat dari baja chrom atau tungstram dan sekarang umumnya menggunakan logam campuran alnico (seperti misalnya Al 8%, Ni 14%, Co 24%, Cu 3% dan Fe). Prinsip kerja alat ukur kumparan putar menggunakan dasar percobaan Lorentz. Pada percobaan Lorentz, jika sebatang penghantar dialiri arus listrik yang berada dalam medan magnet, maka pada kawat penghantar tersebut akan timbul gaya. Gaya yang timbul disebut dengan gaya Lorentz. arahnya ditentukan dengan kaidah tangan kiri Fleming



Gambar 1: Hukum tangan kiri Fleming



Gambar 2: Kontruksi dari alat ukur kumparan

Pada Gambar.2, diperlihatkan adanya magnet permanen yang mempunyai kutub-kutub utara-selatan dan di antara kutub-kutub tersebut ditempatkan suatu silinder inti besi. Penempatan silinder inti besi di antara ke dua kutub magnet akan menyebabkan celah udara antara kutub-kutub magnet dan silinder inti besi terbentuk medan magnet merata yang masuk melalui kutub-kutub tersebut ke dalam silinder secara radial. Dalam celah udara ini ditempatkan kumparan putar yang dapat berputar melalui sumbu. Bila arus searah yang tidak diketahui besarnya mengalir melalui kumparan, suatu gaya elektromagnetis f yang mempunyai arah tertentu akan dikenakan pada kumparan putar, sebagai hasil interaksi antara arus dan medan magnet. Arah dari gaya f dapat ditentukan menurut ketentuan tangan kiri dari Fleming dan besarnya dapat dirumuskan :

$$T_D = B n a b I$$

Dengan :

T_D = momen putar

B = besar medan magnet

n = banyaknya lilitan dari kumparan

a = panjang kumparan

b = lebar kumparan

I = arus melalui kumparan

Pada setiap ujung dari sumbu, ditempatkan pegas yang salah satu ujungnya melekat pada dasar yang tetap. Setiap pegas akan memberikan gaya reaksi yang berbanding lurus dengan besar sudut rotasi dari sumbu, dan berusaha untuk menahan perputaran. Dengan demikian pegas akan memberikan moment T_c pada sumbu yang berlawanan arahnya dengan T_D . Bila konstanta pegas dinyatakan sebagai τ , maka besar T_c dapat dinyatakan sebagai:

$$T_c = \tau \theta$$

Bila sumbu dan kumparan putar berputar melalui sudut akhir sebesar θ_0 , maka dalam keadaan seimbang ini $T_D = T_c$,

sehingga terdapat persamaan sebagai berikut:

$$\tau \theta_0 = B n a b I$$

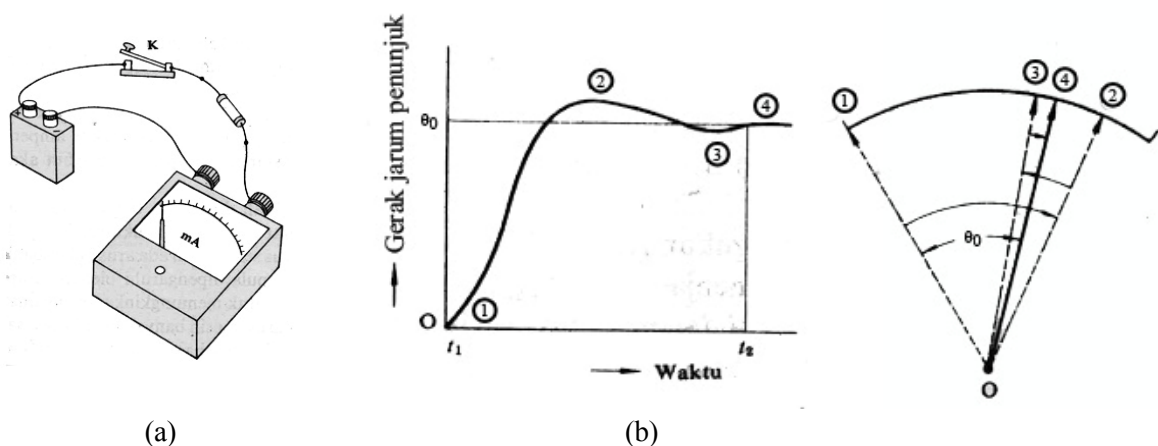
maka besar sudut akhir θ_0 :

$$\theta_0 = \frac{Bnab}{\tau} I$$

Dengan demikian maka sudut akhir θ_0 dari putaran sumbu yang menjadi pula tempat melekat jarum penunjuk, ditentukan oleh persamaan diatas. Kebesaran ($Bnab/\tau$) disebut sebagai konstanta alat ukur. Pada umumnya, momen seperti T_D disebut momen penggerak, sedangkan momen T_c disebut momen pengontrol. Dengan demikian besar sudut rotasi akhir dari penunjuk pada alat pengukur kumparan putar ditentukan oleh hubungan antara momen penggerak dan momen pengontrol.

Peredaman alat ukur kumparan putar

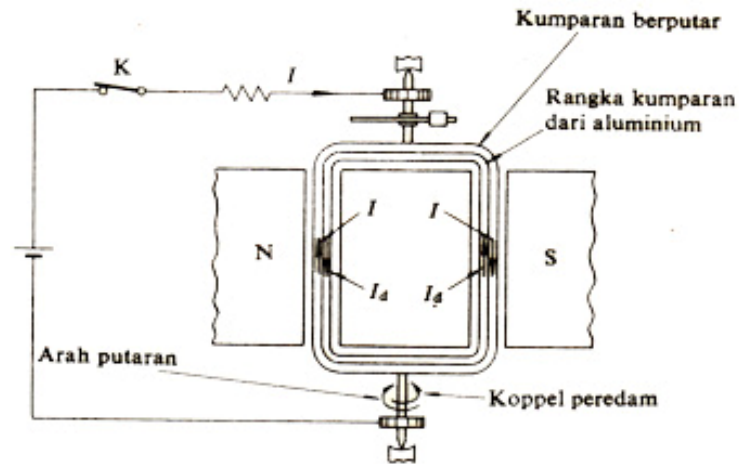
Pada gambar.3a bila pemutus arus K ditutup memungkinkan arus searah yang konstan melalui alat ukur amper maka jarum penunjuk akan bergerak melalui posisi 1, 2, 3, dan berhenti pada 4, seperti pada gambar.3b



Gambar 3 :a. Rangkaian pengukuran
b. posisi pergerakan jarum penunjuk

Dalam keadaan tidak diberikannya peredaman khusus, maka momen redaman akan terdiri dari hambatan udara dan hambatan mekanis pada kedudukan kumparan. Sedangkan besar redaman ini kecil sehingga alat penunjuk akan berosilasi untuk waktu yang lama. Alat ukur demikian ini sulit dipakai, bahkan tidak dapat digunakan. Dengan demikian diperlukan adanya peredam sebagai bagian dari pada bagian-bagian yang berputar. Dan dengan adanya momen peredam ini, disamping momen-momen penggerak dan pengontrol, maka penunjuk akan dapat sampai pada harga akhirnya dengan cepat.

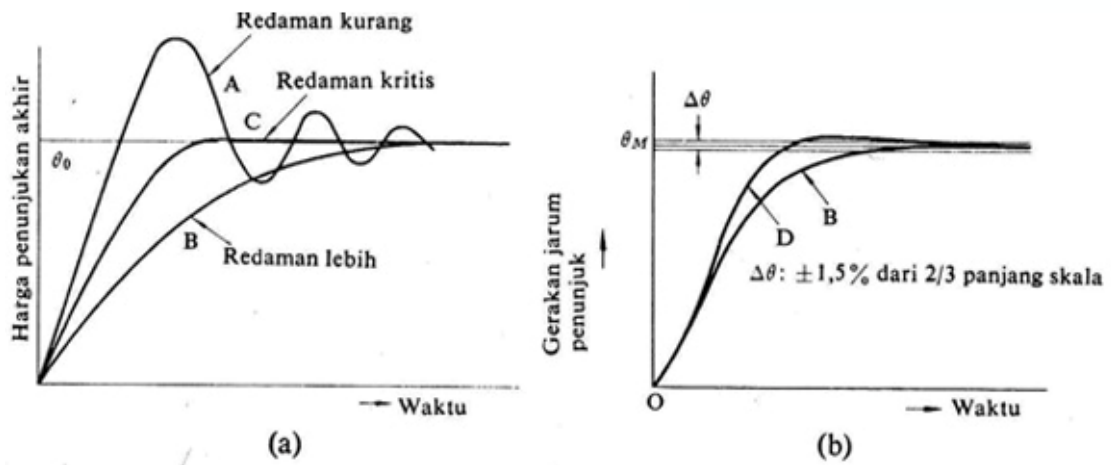
Pada umumnya kerangka untuk kumparan putar dibuat dari bahan aluminium. Secara listrik kerangka tersebut merupakan jaringan yang terhubung singkat, yang akan memberikan momen peredam. pada kumparan.



Gambar 4 : mekanisme peredaman alat ukur kumparan putar

Bila kumparan berputar, yang disebabkan oleh arus I yang mengalir melaluinya, maka dalam kerangkanya akan timbul tegangan induksi yang disebabkan karena perputaran kerangka aluminium ini terjadi dalam medan magnet pada celah udara. Besarnya tegangan berbanding lurus pada kecepatan pergerakan kerangka aluminium tersebut. Arah dari tegangan dapat ditentukan melalui hukum tangan kanan Fleming. Tegangan ini yang menimbulkan arus induksi I_d mengalir dalam kerangka kumparan. Sebaliknya arus I_d ini, akan memotong fluksi magnet dalam celah udara bila kumparan berputar; dan akan dibangkitkan momen yang berbanding lurus dengan kecepatan putar. Akan tetapi arah dari pada momen ini adalah berlawanan dengan arah perputaran atau meredam perputaran. Momen peredam ini berusaha untuk melawan perputaran kumparan putar

Bila penampang dari pada kerangka adalah kecil sedangkan besar tahanan listriknya besar, maka I_d yang terjadi akan kecil. Dalam hal ini maka momen redam yang dihasilkan akan lemah, dan penunjuk akan berosilasi di sekitar θ_0 , dan secara gradasi akan menuju ke titik akhir tersebut, seperti diperlihatkan pada gambar. 5a kurva A. Bila tahanan listrik pada kerangka kecil, maka I_d akan dapat besar, yang menghasilkan momen peredam yang kuat pula. Dalam hal ini maka perlawanan terhadap perputaran akan besar, dan pergerakan penunjuk tidak lagi bebas. Penunjuk akan mendekati harga akhir secara monotonis lambat, seperti dinyatakan pada kurve (B).

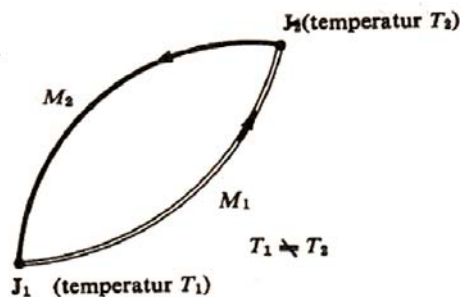


Gambar. 5 Gerakan jarum penunjuk dari suatu alat ukur.

Aksi peredaman yang mempergunakan prinsip-prinsip elektromagnetis ini dikenal sebagai redaman elektromagnetis. Kurva A menyatakan peredaman kurang, sedangkan kurva B menyatakan peredaman lebih. Waktu untuk sampai pada harga akhir untuk kedua keadaan tersebut adalah lama. Suatu keadaan khusus terdapat di antara keduanya, dimana alat penunjuk akan sampai pada θ_0 dalam waktu yang relatif singkat, seperti dinyatakan oleh kurva C. Keadaan ini dinyatakan sebagai peredaman kritis. Waktu yang diperlukan untuk satu perioda dalam keadaan peredaman kurang disebut perioda dari osilasi. Untuk alat-alat ukur yang biasanya kita pergunakan, diperlukan untuk sampai pada harga akhir yang hendak dibaca dalam batas-batas yang secepat mungkin. Sehingga pengukuran yang benar dapat diperoleh dengan cepat. Maka dari itu alat-alat ukur yang lazim dipergunakan, dibuat dengan peredaman sedikit kurang, seperti dinyatakan pada kurva (D) dalam gambar. 5b

4. Alat ukur dengan type Thermocouple

Dalam Gambar 1, dua logam yang berlainan dihubungkan pada ujung-ujungnya J_1 dan J_2 sehingga membentuk suatu sirkuit. Bila suatu perbedaan temperatur $T_2 - T_1$ terdapat antara kedua titik hubung dari sirkuit ini, maka suatu gaya gerak listrik dibangkitkan dalam sirkuit tersebut yang memungkinkan arus mengalir di dalamnya. Elemen yang demikian ini disebut termocouple dan gaya gerak listrik yang dibangkitkan disebut dengan gaya gerak listrik thermis (GGL thermis).



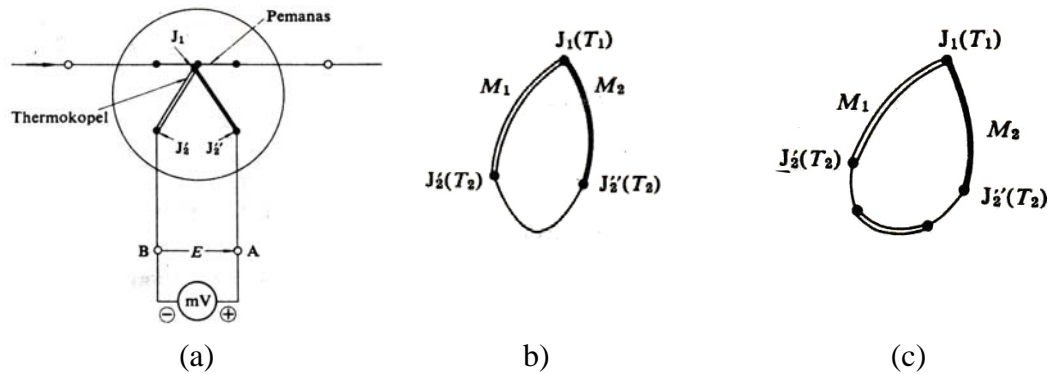
Gambar 1 Prinsip dari thermokopel

Alat ukur termocouple mempergunakan prinsip sirkuit termocouple seperti di atas, mengkonversikan arus bolak balik atau arus searah yang akan diukur, menjadi tegangan searah dan diukur melalui suatu alat ukur kumparan putar.

Prinsip kerja

Dengan mempergunakan material yang mempunyai hambatan tinggi, sebuah kawat pemanas yang lurus seperti pada gambar 2(a), dan salah satu titik hubung dari thermocouple ditempatkan di titik tengah dari pada elemen pemanas tersebut.

Suatu alat ukur milivolt arus searah dihubungkan antara kutub-kutub A dan B dari termocouple. Dalam gambar 2 titik penghubung J_2 seperti diperlihatkan dalam gambar.1 tidak terlihat. Dalam pembangkitan dari GGL thermis, termal bahwa di antara tiga logam yang berlainan dihubungkan satu sama lain dan membentuk suatu sirkuit seperti dalam gambar. 2(b), ataupun bila ditambahkan logam yang ke empat yang membagi logam yang ketiga menjadi dua seperti dalam (c), maka GGL thermis yang sama seperti dalam gambar 1 akan dibangkitkan dalam sirkuit tersebut, bila titik-titik hubung J_2' , dan



Gambar 2 Prinsip suatu alat ukur jenis thermokopel.

J_2'' , ditempatkan pada temperatur yang sama T_2 dan titik hubung J_1 pada temperatur T_1 . Dalam gambar 2(a), kondisi ini membuat titik hubung J_2' dan J_2'' sebagai pengganti titik hubung J_2 dan memungkinkan penempatan suatu alat pengukur milivolt di dalam sirkuit dari termocouple. Bila arus searah I dialirkan melalui elemen pemanas maka akan membangkitkan panas, besar daya yang digunakan berbanding dengan I^2 . Jumlah panas yang dibangkitkan ini dinyatakan dengan H , maka temperatur dari titik tengah dari elemen pemanas akan menaik dari temperatur T_2 ke T . Hal ini akan menyebabkan bahwa temperatur dari titik hubung J_1 dari termocouple akan pula menaik. Dengan demikian maka akan terdapat

$$T_1 - T_2 = K_1 I^2 \quad (1)$$

Dimana K_1 merupakan suatu konstanta. Temperatur dari titik hubung lainnya J_2 ditempatkan pada kira-kira sama dengan temperatur ruangan, sehingga termocouple akan membangkitkan GGL Thermis E , dan ini dapat dinyatakan sebagai:

$$E = K_2(T_1 - T_2) \quad (2)$$

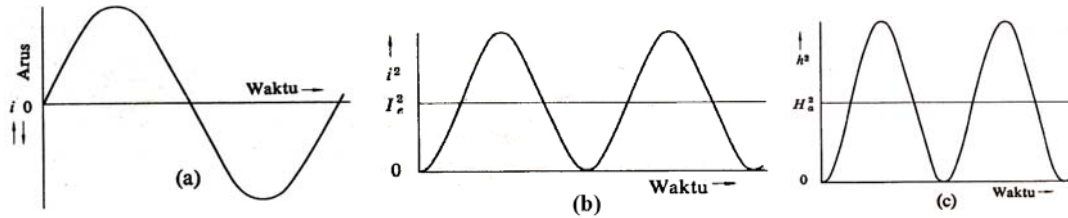
yang sebanding dengan $(T_1 - T_2)$ dan dimana K_2 adalah suatu konstanta. Dari persamaan 1 dan 2, maka hubungan antara tegangan dan arus yang akan diukur didapat sebagai berikut:

$$E = K_1 K_2 I^2 \quad \dots\dots (3)$$

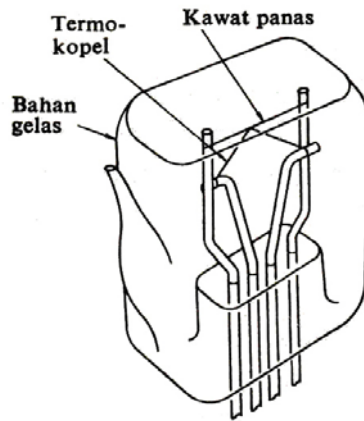
Jadi dengan mengukur E yaitu tegangan yang dibangkitkan dalam thermocouple dengan alat pengukur milivolt, maka I dapat diukur. Kemudian dimisalkan bahwa arus bolak-balik I yang mempunyai harga efektif I_e dialirkan melalui elemen pemanas. Elemen pemanas akan membangkitkan panas dengan mempergunakan daya yang berbanding lurus dengan I_e^2 . Dengan arus bolak balik yang mempunyai bentuk gelombang sinusoida, maka panas yang akan dibangkitkan sebagai fungsi dari waktu seperti dalam gambar.3c. Sebagai catatan pada umumnya bila suatu masa dipanaskan, maka temperaturnya tidak akan segera berubah tetapi akan berubah secara graduil tergantung dari sifat-sifat thermisnya dan bentuknya sehingga mencapai suatu harga. Untuk hal ini, bila sejumlah panas yang dibangkitkan oleh elemen pemanas berubah secara sinus seperti dalam gambar.3c, maka temperatur dari elemen pemanas tidak menurut perubahan dari H, tetapi akan menaik sebanding dengan harga rata-rata H_a dari jumlah panas yang dibangkitkan di satu perioda dari gelombang sinus bila perioda ini kecil. Seperti dalam gambar 3c, H_a adalah berbanding lurus dengan kwadrat dari harga rata-rata I, yaitu I_e^2 maka sesuai pula dengan keadaan bila arus searah mengalir melalui elemen pemanas, maka GGL thermis E akan dibangkitkan dan memenuhi persamaan di bawah ini

$$E' = K_1 K_2 I_e^2 \quad (4)$$

Jadi dengan mengukur E' melalui suatu alat ukur milivolt arus searah, maka harga efektif I_e , dari arus bolak balik I diukur. Perlu dicatat bahwa bila I_e dalam persamaan 4, adalah sama dengan I dalam persamaan 3. Ini berarti bahwa alat ukur dengan thermocouple akan menunjukkan harga yang sama untuk arus searah dan arus bolak balik yang mempunyai harga efektif sama dengan arus searah tersebut. Sehingga alat ukur dengan thermocouple adalah alat ukur yang universal untuk arus bolak-balik dan arus searah dan tidak dipengaruhi oleh bentuk gelombang dari arus yang akan diukur. Hal ini tidak demikian keadaannya untuk alat ukur dengan pengaruh arus



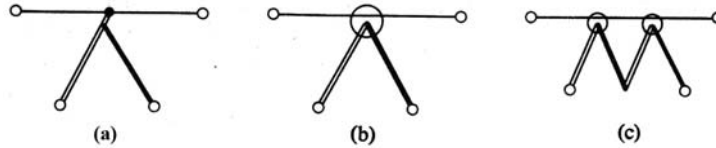
Gambar. 3 Banyaknya panas yang ditimbulkan oleh pemanas



Gambar. 4 Thermokopel hampa (vacuum thermocouple).

Thermocouple vakum

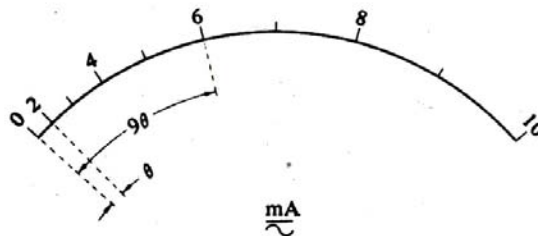
Elemen pemanas untuk arus-arus kecil akan membangkitkan sejumlah panas yang kecil pula. Sehingga elemen pemanas dan thermocouple ditempatkan dalam tabung gelas seperti dalam gambar 4. yang mempunyai tekanan udara yang sangat rendah dan mendekati ruang hampa (vakum) yaitu tekanan udaranya dibuat di bawah 10^{-1} mmHg. Susunan yang demikian ini disebut thermocouple vakum. Elemen pemanasnya dibuat dari pengantar tahanan seperti nicrom, mangan atau konstantan, sedangkan thermocouple dibuat sebagai perpaduan dari tembaga dan konstantan atau dengan tembaga nikel-chrome. Pada Gambar. 5(a) thermocouple dihubungkan secara langsung dengan elemen pemanas, dan disebut dengan istilah pemanasan secara langsung; sedangkan susunan dalam gambar 5(b) atau 5(c) terdapat suatu isolator listrik terlihat sebagai cincin-cincin dari keramik disebut dengan pemanasan tidak langsung. Untuk alat-alat ukur amper atau volt dari type thermocouple pada umumnya menggunakan susunan pemanasan langsung.



Gambar. 5 Cara penempatan dari suatu thermokopel.

Alat-alat ukur Amper dan Volt dari type thermokopel

Alat-alat ukur amper dengan type thermocouple mempunyai harga skala maksimum antara (5mA ~ 1 A). Elemen pemanasnya yang dibuat pendek dan halus dari pengantar dengan tahanan yang tinggi, tidak terlalu dipengaruhi oleh frekwensi. Sehingga penunjukannya tidak akan banyak berbeda bila dipergunakan mulai dari arus searah ataupun arus bolak balik sampai dengan frekwensi radio berkisar dari 3 Hz sampai 5 MHz. Alat ukur pengukur volt dibuat dengan menghubungkan seri suatu tahanan khusus berbahan carbon dengan thermocouple vacum. Arus pemanasnya biasanya dibuat untuk kira-kira 10 mA. Alat pengukur volt ini biasanya mempunyai harga skala maksimum antara (10-150) V, dan pula dapat dipergunakan untuk arus searah maupun arus bolak balik dari beberapa Hz sampai 100 kHz. Dalam penggunaan harus diperhatikan bahwa alat ukur dari type thermocouple untuk pengukur arus maupun pengukur tegangan adalah sangat sensitif terhadap arus lebih. Bila suatu arus lebih besarnya 2 kali arus nominal yang diperuntukkan untuk elemen pemanasnya, maka kemungkinan besar thermocouple vakum tersebut akan terbakar. Skala dari alat ukur Amper ataupun volt dari type thermocouple dikalibrasikan pada jarak-jarak yang berbanding lurus terhadap kwadrat dari arus atau tegangan, disebabkan oleh karena tegangan yang diindusikan secara thermis dari thermocouple berbanding lurus dengan kwadrat dari arus yang melalui elemen pemanas. Contoh skala kwadratis seperti tampak pada gambar 6 berikut :

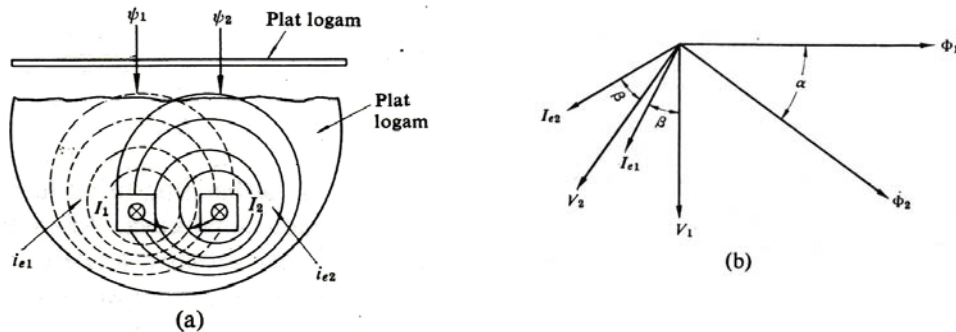


Gambar 6 Skala suatu alat ukur jenis thermokopel

5. Alat ukur dengan type Induksi

Bila suatu konduktor ditempatkan dalam medan magnet dari arus bolak balik, maka arus-arus putar akan dibangkitkan di dalam konduktor tersebut. Medan-medan magnet dari arus-arus putar ini dan arus bolak balik yang menyebabkannya, akan memberikan interaksi yang menimbulkan momen gerak pada konduktor; dan prinsip ini akan mendasari kerja dari pada alat ukur induksi.

Alat ukur induksi ini mempunyai sistem perputaran sederhana dan kokoh, lagi pula, mudah untuk dibuat sebagai alat ukur dengan sudut penunjukan yang lebar. Suatu aspek yang lain dari pada alat ukur induksi ini, adalah kemungkinan didapatkannya momen putar yang relatif besar. Akan tetapi alat ukur ini penggunaannya hanya untuk arus bolak balik, dan sebagai alat penunjuk, hanya dipergunakan pada panel-panel listrik. Prinsip Alat ukur induksi ini dapat juga dipergunakan pada alat-alat ukur energi arus bolak balik



Gambar. 1 Prinsip suatu alat ukur jenis induksi.

Prinsip kerja alat ukur type induksi

Dimisalkan seperti tampak dalam gambar.1a terdapat fluksi-fluksi magnetis Ψ_1 dan Ψ_2 yang mempunyai bentuk gelombang sinus dengan frekwensi yang sama f , yang masuk dalam suatu kepingan logam secara paralel. Pada gambar 1b, antara fluksi-fluksi Ψ_1 dan Ψ_2 terdapat suatu perbedaan fasa, Ψ_1 tertinggal terhadap Ψ_2 sebesar sudut fasa α . Fluksi-fluksi bolak-balik Ψ_1 dan Ψ_2 akan membangkitkan tegangan-tegangan V_1 dan V_2 di dalam kepingan logam, yang akan menyebabkan terjadinya arus-arus putar di dalam logam tersebut yang dinyatakan sebagai i_{e1} dan i_{e2} . Bila $\omega = 2\pi f$ maka besar V_1

akan berbanding lurus dengan $\omega\Psi_1$ yang mempunyai sudut fasa tertinggal terhadap Ψ_1 sebesar 90° . Besar i_{e1} berbanding lurus terhadap V_1 , dan mempunyai fasa tertinggal terhadap V_1 dengan sudut sebesar β . Jadi besar i_{e1} berbanding lurus dengan $\omega\Psi_1$ mempunyai sudut fasa tertinggal terhadap Ψ_1 sebesar $(90^\circ + \beta)$. Demikian pula besar I_{e2} berbanding lurus dengan $\omega\Psi_2$ dan sudut fasanya tertinggal terhadap Ψ_2 dengan sudut fasa sebesar $(90^\circ + \beta)$. Karena arus-arus putar i_{e1} dan i_{e2} memotong medan magnet atau fluksi-fluksi magnet Ψ_1 dan Ψ_2 seperti tampak dalam gambar 1a, maka gaya-gaya elektromagnetis akan terjadi dan akan menyebabkan kepingan logam mendapatkan suatu momen. Interaksi kedua pasang besaran tersebut yaitu i_{e1} dengan Ψ_2 dan i_{e2} dengan Ψ_1 menimbulkan suatu momen yang saling berlawanan. Sehingga kepingan logam akan menerima suatu momen yang berbanding lurus terhadap perbedaan dari pada kedua momen yang berlainan ini, dan dengan momen perbedaan inilah maka kepingan akan berputar pada sumbunya. Bila masing-masing harga efektif dari Ψ_1 dan Ψ_2 dinyatakan dengan Φ_1 dan Φ_2 maka momen putar tersebut adalah :

$$K\omega\Phi_1\Phi_2\{\cos(90^\circ - \alpha + \beta) - \cos(90^\circ + \alpha + \beta)\}$$

$$= 2K\omega\Phi_1\Phi_2\cos\beta\sin\alpha$$

Dimana K dan $\cos\beta$ adalah konstanta-konstanta yang ditentukan oleh impedansi dari kepingan metal terhadap arus-arus putar i_{e1} dan i_{e2} , dan konstruksi pada alat ukur. Dengan menyatakan $K' = K\cos\beta$ persamaan momen gerak menjadi :

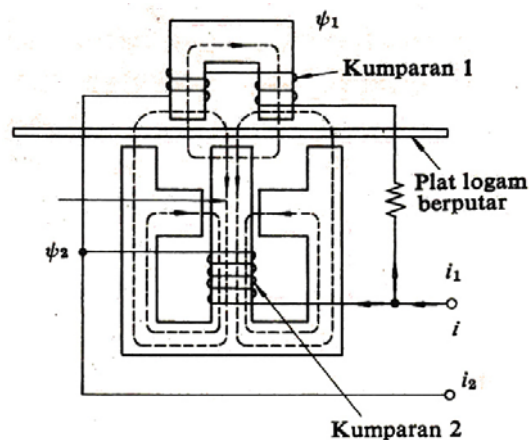
$$T_\alpha = 2K'\omega\Phi_1\Phi_2\sin\alpha \quad \dots\dots\dots (1)$$

Sesuai dengan persamaan 1 diatas maka penunjukan pada penunjuk alat-alat ukur induksi berbanding lurus terhadap hasil kali dari 2 fluksi magnetis Φ_1 dan Φ_2 yang berlainan. Jadi bila Φ_1 dan Φ_2 dibuat sebanding dengan arus atau tegangan yang akan diukur, maka alat ukur amper atau alat ukur volt yang memberikan penunjukkan harga efektifnya akan didapat. Tetapi perlu diperhatikan bahwa momen geraknya berbanding lurus dengan frekwensi dengan demikian alat ukur ini, hanya dapat dipergunakan pada keadaan dimana frekwensinya dapat dianggap konstan, seperti pada instalasi sistim tenaga listrik.

Alat ukur Amper dan alat ukur Volt

Pada gambar 2 diperlihatkan contoh dari pada konfigurasi alat ukur amper dari type induksi. Seperti diperlihatkan dalam gambar maka arus yang akan diukur i , dibagi menurut kumparan 1 dan kumparan 2. Bila tahanan yang tinggi R dihubungkan dalam seri dengan kumparan 1, maka perbedaan fasa antara i_1 dan i_2 dan pula Φ_1 dan Φ_2 akan mendekati 90° . Besar amplitudo dari Φ_1 dan Φ_2 akan bervariasi berbanding lurus dengan I ; sehingga momen geraknya seperti diberikan dalam persamaan 1.

Bila kepingan logam yang berputar merupakan suatu silinder yang sangat tipis dan pegas dipergunakan sebagai alat pengontrolnya, maka skala yang akan didapatkan akan merupakan skala yang kwadratis. Maka untuk menghindarkan hal tersebut, bentuk dari kepingan logam dipilih sedemikian rupa sehingga didapatkan skala yang hampir rata. Demikian pula konfigurasi dari alat ukur volt prinsipnya sama dengan alat ukur amper



Gambar 2 : Alat ukur ammeter type induksi

6. Alat ukur energi listrik

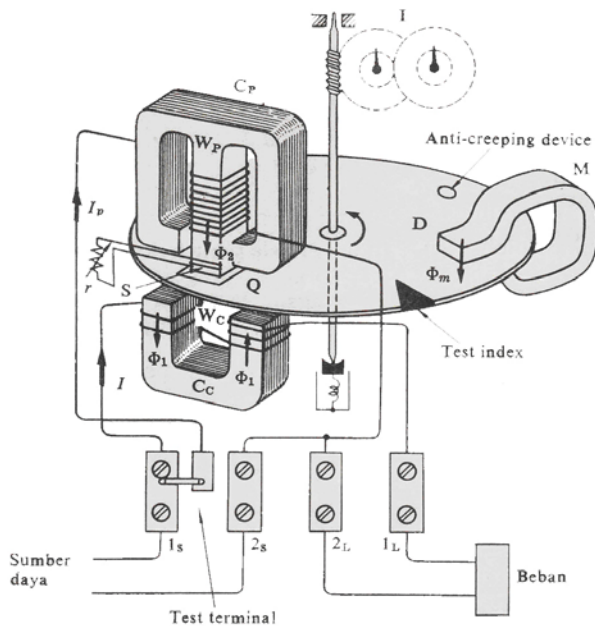
Suatu alat ukur untuk mengintegrasikan dan mengukur arus, daya reaktif atau sejenisnya, yang diberikan kepada suatu beban untuk suatu jangka waktu tertentu, disebut dengan alat ukur yang mengintegrasikan suatu kebesaran listrik. Di antara alat-alat ukur dalam katagori ini adalah alat ukur pengukur energi listrik dalam penyaluran energi daya listrik.

Prinsip kerja Alat Pengukur Energi Arus Bolak Balik

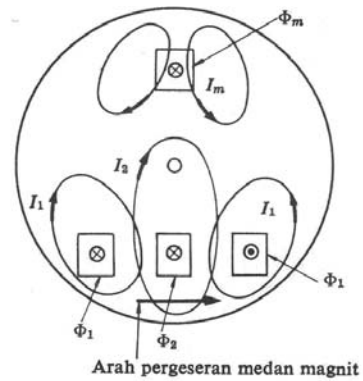
Untuk penggunaan-penggunaan yang paling umum dari alat pengukur energi pada arus bolak balik, maka alat ukur dari type induksi mendapatkan pemakaian yang paling luas. Alat ukur dari type ini mempunyai peralatan gerak yang prinsip kerjanya adalah sama dengan alat ukur dari type induksi seperti diperlihatkan dalam gambar.1. Jadi, dalam gambar tersebut maka C_p adalah inti besi dari kumparan-kumparan tegangan, W_p adalah kumparan-kumparan tegangan, C_c adalah inti kumparan-kumparan arus dan W_c adalah kumparan-kumparan arus. Arus beban I mengalir melalui W_c dan menyebabkan terjadinya fluksi magnetic Φ_1 . W_p mempunyai sejumlah lilitan yang besar dan cukup besar untuk dianggap sebagai reaktansi murni, sehingga arus I_p yang mengalir melalui W_b akan tertinggal dalam fasanya terhadap tegangan beban dengan sudut sebesar 90° , dan menyebabkan terjadinya fluksi magnetis sebesar Φ_2 . Untuk lebih jelasnya lihat pada gambar.2. Dengan demikian maka terhadap kepingan aluminium D , momen gerak T_D yang berbanding lurus terhadap daya beban yang dikenakan. Misalkan bahwa oleh pengaruh momen gerak ini, kepingan aluminium akan berputar dengan kecepatan putaran n . Sambil berputar ini, D akan memotong garis-garis fluksi magnetis Φ_m dari magnet yang permanen dan akan menyebabkan terjadinya arus-arus putar yang berbanding lurus terhadap $n \Phi_m$ di dalam kepingan aluminium tersebut. Arus-arus putar ini akan pula memotong garis-garis fluksi Φ_m sehingga kepingan D akan mengalami suatu momen redaman T_d yang berbanding lurus terhadap $n\Phi_m^2$. Bila momen-momen tersebut yaitu T_D dan T_d ada dalam keadaan seimbang maka hubungan di bawah ini akan berlaku.

$$k_d V I \cos \varphi = k_m n \Phi_m^2, \text{ atau}$$

$$n = \frac{k_d}{k_m \Phi_m^2} V I \cos \varphi$$



Gambar 1. Prinsip suatu meter penunjuk energi listrik arus B-B (jenis induksi).



Gambar 2. Arus-arus Eddy pada suatu piring

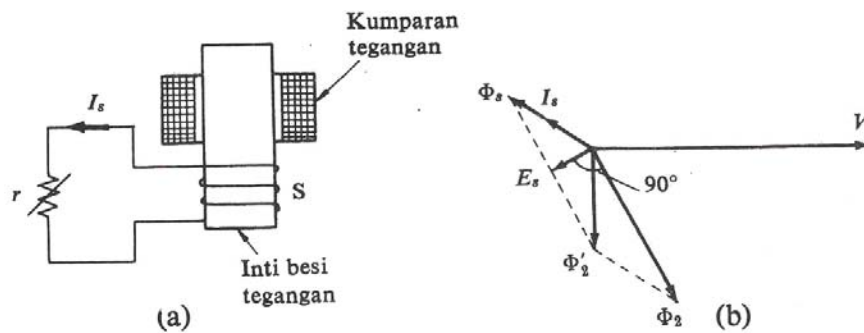
dengan k_d dan k_m sebagai konstanta. Jadi dari persamaan tersebut dapat terlihat bahwa kecepatan putar n , dari kepingan D , adalah berbanding lurus dengan beban $VI \cos \phi$, sehingga dengan demikian maka jumlah perputaran dari pada kepingan tersebut, untuk suatu jangka waktu yang tertentu berbanding dengan energi yang akan diukur untuk jangka waktu tersebut. Untuk memungkinkan pengukuran, maka jumlah perputaran dari kepingan D ditransformasikan melalui sistim mekanis tertentu, kepada alat penunjuk atau roda-roda angka. Transformasi dari kecepatan putar biasanya diadakan sehingga roda-roda angka tersebut berputar lebih lambat dibandingkan dengan kepingan C . Dengan demikian maka alat penunjuk atau roda-roda angka akan menunjukkan energi yang diukur dalam kWh, setelah melalui kalibrasi tertentu

Kesalahan-kesalahan dan cara kompensasinya

(a) Penyesuaian fasa

Agar kepada kepingan bisa diberikan suatu momen yang berbanding lurus terhadap daya beban, maka diperlukan untuk membuat Φ_2 supaya tertinggal fasanya

terhadap V dengan sudut sebesar 90° . Akan tetapi di dalam prakteknya sudut fasanya ini adalah lebih kecil dari 90° , yang disebabkan oleh adanya tahanan dan kerugian besi pada inti dari kumparan tegangan W_p . Untuk mengkompensasikan ini, suatu penyesuaian fasa



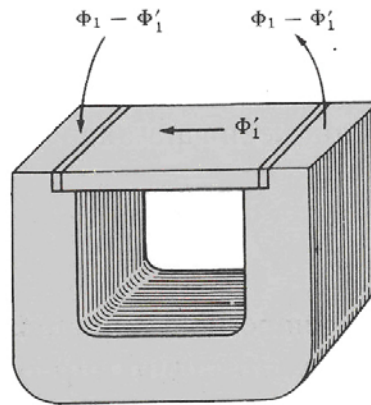
Gambar. 3 : Prinsip pengatur fasa.

ditempatkan pada kumparan itu. Hal ini dicapai dengan melilitkan kumparan F , dengan beberapa lilitan melalui kumparan tegangan dan menghubungkannya dengan suatu tahanan R , seperti diperlihatkan pada gambar.3. Dari gambar tersebut terlihat, bahwa arus I_s yang mengalir disebabkan oleh fluksi magnetis Φ_2 sebelum penyesuaian dibuat yang membangkitkan fluksi magnetis Φ_s , kemudian menyebabkan fluksi kombinasi Φ'_2 dari Φ_2 dan Φ_s , untuk mempunyai fasa tertinggal terhadap V , dengan sudut sebesar 90° .

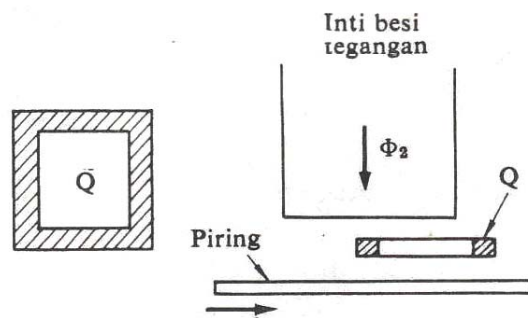
(b) Penyesuaian pada beban-beban berat

Kepingan D yang pada saat berputar akan memotong fluksi-fluksi Φ_1 dan Φ_2 selain dari Φ_m , akan membangkitkan momen-momen $k_1 \Phi_1^2$ dan $k_2 \Phi_2^2$. Momen-momen tersebut akan bekerja berlawanan arahnya dari perputaran, yang menyebabkan perlambatan, sehingga dengan demikian suatu kesalahan negatif akan bertambah dengan bertambah besarnya Φ_1 dan atau Φ_2 . Dalam sistem-sistem tenaga dimana alat pengukur energi ini dipergunakan, tegangan pada beban adalah hampir-hampir tetap, dan dengan demikian menyebabkan pula Φ_2 hampir-hampir tetap. Akan tetapi arus-arus beban akan bervariasi sangat lebar, yang pula

menyebabkan terjadinya variasi dari Φ_1 . Jadi dengan demikian, pada beban-beban berat kesalahan negatif yang disebabkan oleh $k_1 \Phi_1^2$ akan terjadi.



Gambar 4. : Prinsip suatu pengatur beban berat



Gambar 5. : Prinsip suatu pengatur beban ringan

Untuk mengurangi kesalahan ini Φ_1 dibuat kecil, Φ_2 besar dan perputaran n kecil. Disamping ini suatu shunt magnetis ditempatkan dalam inti kumparan-kumparan arus, seperti diperlihatkan dalam gambar 4. Pada saat arus-arus beban I adalah kecil dan demikian pula Φ_1 kecil, maka shunt magnetis ini akan memungkinkan fluksi magnetis Φ'_1 , yang merupakan suatu fraksi dari Φ_1 , untuk mengalir melaluinya. Jadi fluksi magnetis yang disebabkan arus dan memotong kepingan D berkurang dari Φ_1 , menjadi $(\Phi_1 - \Phi'_1)$ akan tetapi pada saat-saat I besar maka Φ'_1 akan bertambah besar pula sampai dengan Φ'_{1m} pada saat kejenuhan dari fluksi magnetis terjadi. Dan dengan demikian tidak akan memungkinkan mengalirnya fluksi-fluksi tersebut melalui shunt itu. Dalam hal ini maka pada beban-beban berat, fluksi-fluksi arus yang akan memotong kepingan dan dengan demikian pula

momen gerak yang akan dihasilkannya akan bertambah secara perbandingan lebih besar terhadap arus, sehingga suatu kompensasi untuk kesalahan negatif pada beban-beban berat akan terjadi.

(c) Penyesuaian beban-beban ringan

Bila kepingan D berputar, maka momen-momen gesekan mekanis akan terjadi dan pula menyebabkan kesalahan-kesalahan negatif. Kesalahan ini akan lebih penting pada beban-beban ringan yaitu bila arus beban kecil. Untuk mengkompensasikan kesalahan ini, penyesuaian pada beban ringan ditempatkan seperti diperlihatkan pada gambar.5. Q dalam gambar ini adalah suatu cincin tembaga yang pendek, yang ditempatkan di antara kumparan tegangan dan kepingan dalam posisi yang agak miring pada arah perputaran.

Dengan pengaturan ini maka bagian dari fluksi magnetis Φ_2 yang melalui cincin pendek tersebut, akan mempunyai fasa yang terlambat terhadap bagian lainnya yang tidak melalui cincin pendek ini. Jadi suatu efek terjadi seakan-akan bahwa kutub-kutub magnet dari inti kumparan tegangan, telah bergeser pada arah perputaran dan menghasilkan suatu momen di dalam arah perputaran kepingan. Dengan mengatur posisi dari pada cincin pendek ini maka terdapat kemungkinan untuk meniadakan pengaruh dari momen-momen gesekan.

(d) Mengelakan putaran pada beban kosong

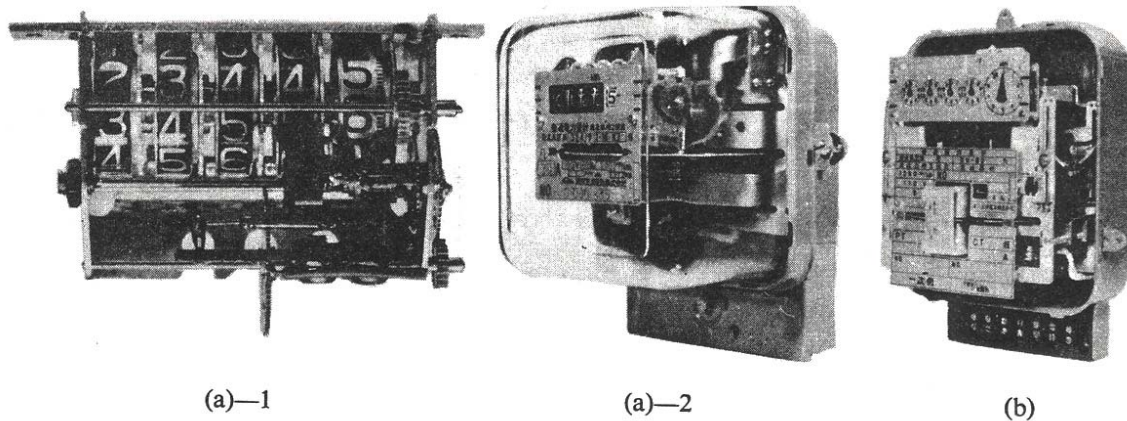
Bila suatu penyesuaian beban ringan ditempatkan, maka terdapat kemungkinan bahwa kepingan akan berputar meskipun tidak ada beban, yaitu jika hanya kumparan-kumparan tegangan yang mendapatkan energi. Gejala ini disebutkan berputar pada beban kosong. Suatu cara untuk menghindarkan ini adalah dengan membuat suatu lubang kecil pada kepingan aluminium D. Bila lubang tersebut sampai di bawah inti dari kumparan tegangan, maka jalan dari pada arus-arus putar yang terjadi di dalam kepingan akan mengalami gangguan. Hal ini menyebabkan bahwa momen pada beban ringan dikurangi dan menyebabkan kepingan akan berhenti pada posisi tersebut.

Register

Satu alat yang mengintegrasikan dan memperlihatkan jumlah perputaran dari kepingan disebut register. Register dibuat sebagai penunjuk diperlihatkan dalam gambar 6a, yang mempergunakan penunjuk untuk memperlihatkan jumlah perputaran. Disamping ini terdapat pula register cyclometris yang diperlihatkan pada gambar 6b. yang mempergunakan roda-roda angka.

Pengujian dan kalibrasi

Batas-batas kesalahan dari alat pengukur energi tergantung dari pada penggunaannya dan diklasifikasikan secara halus, di dalam standar-standar IEC. Salah satu pengujian yang terpenting dari alat ukur energi adalah test kepada kesalahan terhadap penunjukan. Test terhadap kesalahan penunjukan adalah sebagai berikut



Gambar 6 : Bentuk-bentuk penunjukan (register).

Dalam metoda stopwatch dimana suatu jumlah energi yang tertentu, diberikan kepada alat ukur yang sedang mengalami pemeriksaan dan waktu yang diperlukan oleh kepingan untuk berputar sampai dengan suatu jumlah perputaran tertentu, diukur. Dengan metoda rotasi standar, dimana alat ukur yang mengalami pemeriksaan dibandingkan dengan suatu alat ukur energi yang dibuat khusus dengan ketelitian-ketelitian tertentu sebagai standar untuk alat ukur energi, atau pula disebut standar perputaran. Dalam cara pengetestan dengan alat ukur induk, maka cara ini berkisar kepada cara praktis untuk

pengetestan sejumlah alat ukur dengan type yang sama type. Salah satu dari alat ukur dites secara khusus dan kemudian dipakai sebagai induk. Alat-alat ukur lainnya dalam kelompok tersebut dibandingkan terhadap alat ukur induk ini dan dites secara bersamaan

PENGUKURAN BESARAN LISTRIK

- Pengukuran : Membandingkan suatu besaran yang tidak diketahui harganya dengan besaran lain yang telah diketahui harganya. Alat ukur digunakan untuk keperluan pengukuran.

Alat ukur : Instrumen untuk mengetahui harga suatu besaran atau suatu variabel. Prinsip kerja alat ukur harus dipahami agar alat ukur dapat digunakan dengan cermat dan sesuai dengan pemakaian yang telah direncanakan

PENGUKURAN & KESALAHAN

INSTRUMEN: Sebuah alat untuk menentukan nilai atau kebesaran suatu kuantitas atau besaran.

⇒ INSTRUMEN: Cara kerjanya berdasar prinsip-prinsip listrik atau elektronik.

⊙ ELEKTRONIK

⇒ KETELITIAN: Harga terdekat suatu pembacaan instrumen dari variabel yang diukur terhadap harga sebenarnya sehingga tingkat kesalahan pengukuran menjadi lebih kecil. Ketelitian berkaitan dengan alat ukur yang digunakan pada saat pengukuran.

KETEPATAN : Tingkat kesamaan nilai pada sekelompok pengukuran atau sejumlah nilai dimana pengukuran dilakukan secara berulang- ulang dengan instrumen yang sama. Dalam hal ini yang harus diperhatikan adalah cara melakukan pengukuran.

SENSITIVITAS : Perbandingan sinyal out dengan sinyal yang diukur.

KESALAHAN: Penyimpangan variabel yang diukur dari harga sebenarnya.

(ERROR)

MACAM KESALAHAN (ERROR)

○ Kesalahan Faktor Manusia :

- Kesalahan Baca Alat
- K. Kalibrasi
- K. Penafsiran
- K. Penyetelan

○ Kesalahan Instrumentasi :

- Kerusakan
- Usia Alat Ukur
- Aus

○ Kesalahan Acak (Random Errors)

- :
- Tidak disengaja.
- Tidak Secara Acak
- Tidak dapat diketahui secara langsung,
- **Kesalahan Batas adalah batas batas penyimpangan yang telah ditetapkan**

SATUAN :

- Pengukuran listrik yang paling banyak dilakukan meliputi :
 - - Arus : Ampere (A)
 - - Tegangan : Volt (V)
 - - Daya : Watt (W)
 - - Tahanan : Ohm (Ω)

PERALATAN :

- - Arus kecil : Galvanometer
- besar : Ampere meter
- - Tegangan : Volt meter
- - Daya : Watt meter, Volt – Amper, $\cos \theta$
meter
- - Tahanan : Ohm meter
- Eart Tester : Tahanan Pentanahan (Pembumian).
- - AVO meter Gabungan dari Amper meter, Volt meter dan Ohm meter dan watt meter.

- $P = V \times I = \text{Volt} \times \text{Amper (VA)} = \text{Watt}$,jika beban resistansi
- $P = V \times I \text{ Cos } \theta = \text{Volt} \times \text{Amper} \times \text{cos}\theta = \text{Watt}$

ANALISA DATA :

-
- Rumus analisa data :
-
- $\bar{x} : \frac{\sum x}{N} \dots\dots\dots(1)$ $\sigma : \sqrt{\frac{\sum d^2}{N-1}} \dots\dots\dots(2)$
-
- - Data : x
- - Jml. pengukuran : N
- - Rata-rata : \bar{x}
- - Kesalahan : error
- - Deviasi: d (Penyimpangan = Data ke-n – Rata-rata)
- - Standard deviasi : •
- - Kesalahan yang mungkin : $\pm 0,6745 \cdot \cdot$
-
- Contoh : pengukuran arus dilakukan 10 kali diperoleh data dalam ampere (A) :
- 9; 8,9 ; 8,5 ; 9,2 ; 8,7, 9,1 ; 8,5 ; 9,3 ; 9,4 ; 8,8
- Cara penulisan yang mudah dibaca :

CONTOH : PENGUKURAN ARUS DILAKUKAN 10 KALI DIPEROLEH DATA :
9; 8,9 ; 8,5 ; 9,2 ; 8,7, 9,1 ; 8,5 ; 9,3 ; 9,4 ; 8,8
CARA PENULISAN YANG MUDAH DIBACA :

NO	ARUS (I)	DEVIASI (d)	KUADRAT DEVIASI (d ²)
1	9		
2	8,9		
3	8,5		
4	9,2		
5	8,7		
6	9,1		
7	8,5		
8	9,3		
9	9,4		
10	8,8		
Σ			

NO	ARUS (I)	DEVIASI (d)	KUADRAT DEVIASI (d2)
1	9	0,06	0,0036
2	8,9	-0,04	0,0016
3	8,5	-0,44	0,1936
4	9,2	0,26	0,0676
5	8,7	-0,24	0,0576
6	9,1	0,16	0,0256
7	8,5	-0,44	0,1936
8	9,3	0,36	0,1296
9	9,4	0,46	0,2116
10	8,8	-0,14	0,0196
	89.4		0.904

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N} \dots\dots\dots(1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum d^2}{N-1}} \dots\dots\dots(2)$$

⦿ Latihan :

⦿ Suatu hasil pengukuran daya (Watt) di laboratorium pengukuran listrik ISTN, dilakukan sebanyak 10 kali pengukuran dengan menggunakan alat ukur watt meter

1. 15 watt, 2. 15,7 watt. 3. 14,9 watt. 4. 15 watt, 5. 16 watt, 6. 15,7 watt , 7. 15,3 watt, 8. 15,1 watt, 9. 14,7 dan 10. 15,3 watt.

Analisa harga rata rata daya dan deviasi dan kwadrat deviasi.

SISTEM SATUAN

SATUAN satuan, : adalah standard ukuran bagi setiap jenis besaran fisis ; tanpa maka besaran/kuantitas tidak akan punya arti.

JENIS SATUAN :

1. SATUAN DASAR :

- Merupakan besaran besaran utama untuk menentukan besaran besaran Fisis yang lainnya.

* Yaitu : panjang, massa, Waktu.

2. SATUAN TURUNAN :

- Adalah semua satuan yang dapat dinyatakan atau ditentukan dengan atau dari satuan dasar.

* Example : Luas = m^2 dapat ditentukan dari satuan dasar panjang
* (m)

SIMBOL DIMENSI : adalah suatu cara lain dalam menyatakan satuan.

❖ Dimensi untuk satuan dasar :

- Panjang ; meter ; m = L
- Massa ; kilo gram ; Kg = M
- Waktu ; Sekon ; s = T

❖ Untuk Satuan Turunan :

- Simbol dimensi ditentukan dengan penulisan dimensi masing masing satuan dasar yang menyusunnya.
- Example : Luas \rightarrow Meter Persegi = $m^2 \Rightarrow L^2$
Gaya \rightarrow kg m/detik² $\Rightarrow MLT^{-2}$

Standar-standar pengukuran

Dikelompokkan berdasarkan fungsi dan pemakaiannya:

Standar Internasional : Standar yang dinyatakan dalam perjanjian Internasional.

Standar Primer : Standar Nasional dari berbagai negara di dunia. Misal Indonesia (SNI)

Standar Sekunder : Standar yang digunakan untuk keperluan di bidang industri tertentu.

Standar Kerja : Yang menjadi standar utama bagi suatu ruang kerja/lab.

SISTEM INTERNASIONAL (SI)

- Dalam perkembangan sistem satuan, ada penambahan besaran dasar
- *
 - Pada awalnya : panjang (L), massa (M), waktu (T)
- Yaitu :
 - ➡ Arus listrik (Ampere) -> A
 - ➡ Temperatur (derajat kelvin) -> $^{\circ}\text{K}$
 - ➡ Intensitas penerangan (Lilin=Kandela) -> Cd

Sistem Satuan Dasar SI

No	Besaran	Simbol Dimensi	Satuan	Simbol
1	Panjang	L	meter	m
2	Massa	M	kilogram	kg
3	Waktu	T	sekon	s (det)
4	Kuat Arus	I	Ampere	A
5	Temperatur	θ	Derajat Kelvin	K
6	Intensitas Cahaya	J	Lilin (Kandela)	Cd
	Besaran Pelengkap			
a	Sudut Dasar (Plane Angle)	-	Radian	Rad
b	Sudut Ruang (Solid Angle)	-	Steradian	Sr

Sistem Satuan Besaran Listrik SI

BESARAN LISTRIK	SATUAN	ALAT UKUR
Tegangan	volt	Voltmeter
Tahanan	ohm	Ohmmeter
Arus	ampere	Amperemeter
Daya	watt	Wattmeter
Energi	wattjam (kWh)	kWhmeter
Frekuensi	hertz	Frekuensimeter
Induktansi	henry	Induktansimeter
Kapasitansi	farad	Kapasitansimeter

Sistem Faktor Perkalian SI

FAKTOR PERKALIAN	NAMA	SIMBOL
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hecto	h
10	deca	d
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	mm
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	fento	f
10^{-18}	atto	a

SISTEM SATUAN INGGRIS

- ⓐ Menggunakan satuan dasar yang berbeda dengan SI
- ⓐ Satuan dasar : Panjang ; Kaki (ft)
Massa ; Pon Massa (Lb)
Waktu ; Sekon (s)
- ⓐ Untuk Konversi dari sistem Inggris ke SI : Dari sistem Inggris ke SI atau sebaliknya sesuai aturan berikut ini.

Satuan	Satuan Inggris	SI	Kebalikan
Panjang	1 kaki (ft) 1 inci (in)	30.48 cm 25.4 mm	0.0328084 0.0393701
Luas	1 ft ² 1 inci ²	9.29030 x 10 ² cm ² 6.4516 x 10 ² mm ²	0.0107639 x 10 ⁻² 0.155000 x 10 ⁻²
Isi	1 ft ³	0.0283168 m ³	35.3147
Massa	1 pon	0.45359237 kg	2.20462
Kerapatan	1 pon/ft ³	16.0185 kg/m ³	0.062428

Contoh Soal

Luas lantai sebuah bangunan kantor adalah 5000 m². Tentukan luas tersebut dalam kaki kuadrat (ft²)

Penyelesaian :

Diketahui, L = 5000

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$$

Ditanya, L dalam ft² ?

Jawab :

$$\begin{aligned} L &= 5000 \text{ m}^2 \times (1 \text{ ft} / 0.3048 \text{ m})^2 \\ &= 5000 \text{ m}^2 \times 10.76 \text{ ft}^2 / \text{m}^2 \\ &= 53800 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Quiz

1. Tentukan tinggi seseorang 5 kaki 11 inci dalam cm...!
2. Tentukan batas kecepatan yang di ijinakan dalam sebuah jalan raya 60 km/jam dalam mil/jam, dengan diketahui 1 ft = 12 inci dan 1 mil = 5280 ft...!

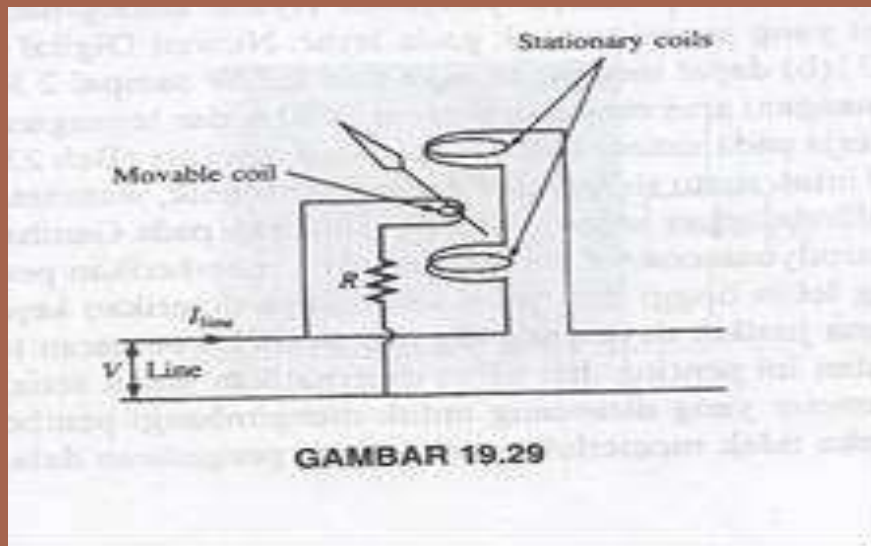
WATT METER

Watt meter adalah suatu alat yang dirancang untuk membaca/mengukur daya yang menuju sebuah element atau jaringan.

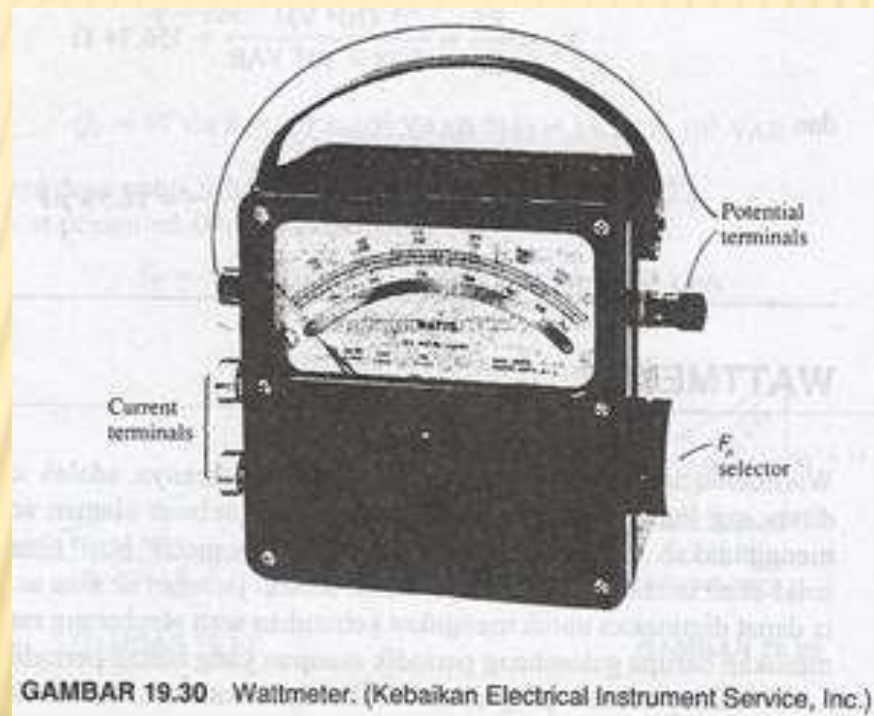
Watt meter bekerja berupa atas electrodynamoter dan elektronika untuk mengukur daya dalam sebuah jaringan ac dan dc.

Didalam sebuah pergerakan eletrodynamometer, sebuah kumparan yang dapat bergerak berputar didalam medan magnet yang dihasilkan oleh arus kumparan tetap. Fluks kumparan tetap dan kumparan gerak berinteraksi sehingga menghasilkan torsi yang dihubungkan menuju kumparan bergerak .

- ✘ Dalam susunan watt meter terdiri dari kumparan arus dan kumparan tegangan



-
- ✘ Arus yang mengalir dalam kumparan tetap adalah arus jala jala, sedangkan arus yg mengalir dalam kumparan gerak berasal dari tegangan jala jala. Alat tersebut menunjukkan daya dalam watt skala linier. Jenis wattmeter khusus yang menggunakan pergerakan electrodynameometer pada gambar dibawah ini.



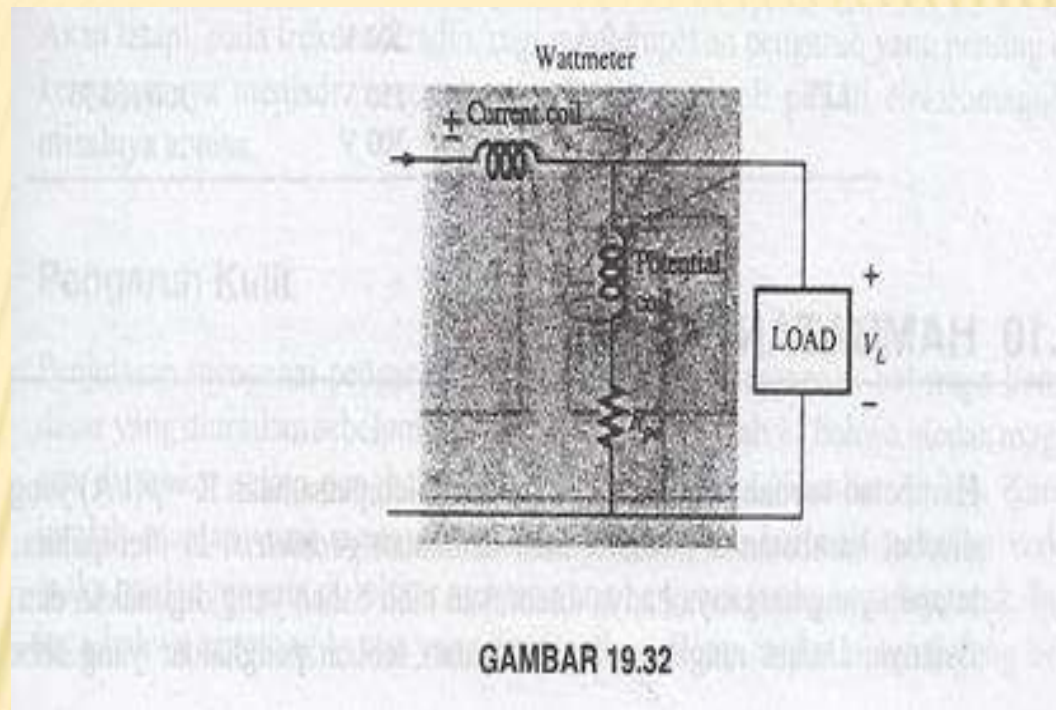
GAMBAR 19.30 Wattmeter. (Kebaikan Electrical Instrument Service, Inc.)

-
- ✘ Wattmeter tampilan digital pada gambar (a) dibawah ini menggunakan sebuah paket elektronika untuk mengindra harga tegangan dan arus serta menggunakan unit tampilan pengubah analog menjadi digital dengan digit digit yang sesuai tampak pada layar. Selanjutnya watt digital powermeter pada gambar (b) dapat mengukur daya dari 0,1 W sampai 2 MW. Sistem tersebut dapat menangani arus masukan sampai 300 Amper dan tegangan sampai 700 volt dan dapat bekerja pada sistem fase tunggal atau fase tiga.

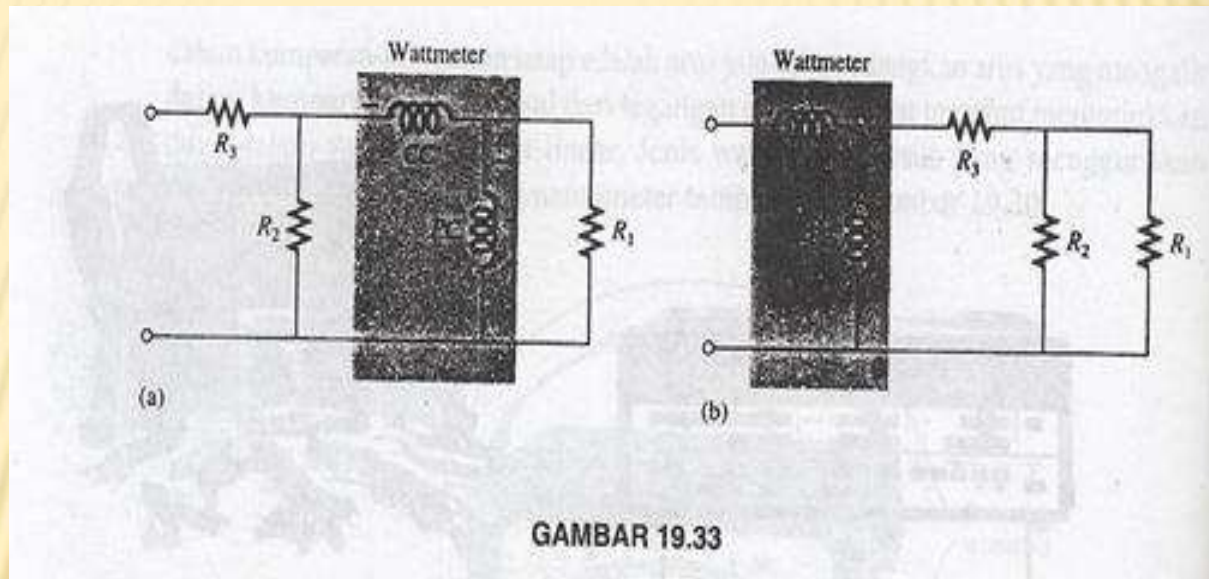


GAMBAR 19.31 (a) Wattmeter digital (Kebaikan Yokogawa Corporation of America), (b) Nuwatt Digital Powermeter (Kebaikan AEMC Corporation)

✘ Untuk suatu simpangan dengan skala naik, wattmeter jenis electrodyamometer dihubungkan seperti gambar dibawah. Banyak wattmeter electrodyamometer yang akan selalu memberikan pembacaan watt yang lebih tinggi dari yang sebenarnya diberikan kepada beban. Wattmeter selalu dihubungkan dengan terminal tegangan secara sejajar dan terminal arus secara serie dengan bagian yang akan diukur daya nya.



-
- ✘ Daya yang di diberikan kepada R1 pada gambar 33.a dapat diperoleh dengan menghubungkan wattmeter electrodynamomotor. Untuk memperoleh daya yang diberikan kepada jaringan total, maka harus dihubungkan seperti yang diperlihatkan pada gambar 33.b



-
- ✘ Bila menggunakan wattmeter electrodynameometer, operator harus berhati-hati agar tidak melampaui arus, tegangan, atau rating watt. Perkalian antara tegangan rating dan arus rating boleh jadi tidak sama dengan rating watt. Dalam wattmeter yang memiliki faktor daya tinggi, perkalian antara tegangan rating dan arus rating biasanya sama dengan rating watt, atau setidaknya 80 % harganya.

Untuk wattmeter dengan faktor daya rendah, perkalian antara tegangan rating dan arus rating jauh lebih besar dari pada rating watt, karena alasan inilah maka meter yang memiliki faktor daya rendah hanya digunakan dalam rangkaian yang memiliki faktor daya rendah (impedansi total reaktif). Rating khusus untuk meter faktor daya tinggi (high power factor, HPF) dan faktor daya rendah (low power factor, LPF) diperlihatkan jenis meter memiliki ketelitian 0,5% sampai 1% untuk skala penuh.

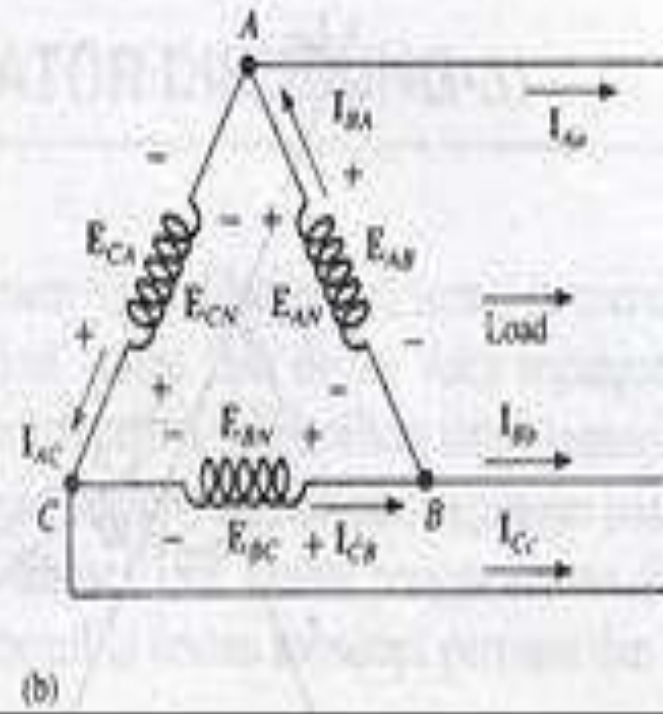
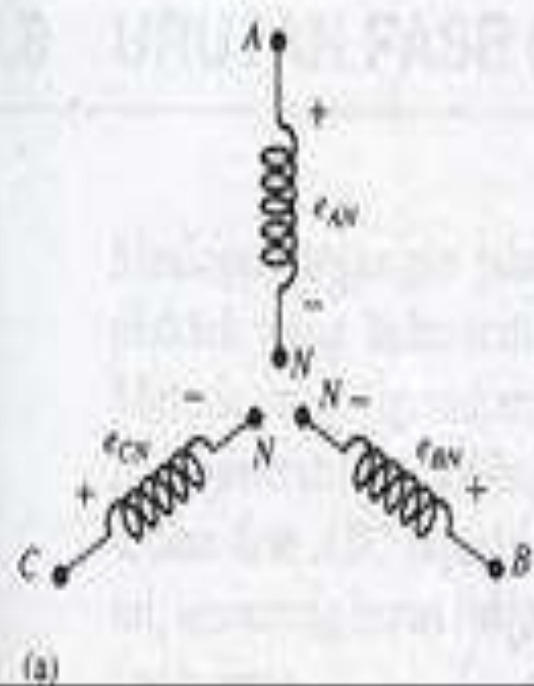
POWER FACTOR TINGGI DAN POWER FACTOR RENDAH.

TABEL 19.1

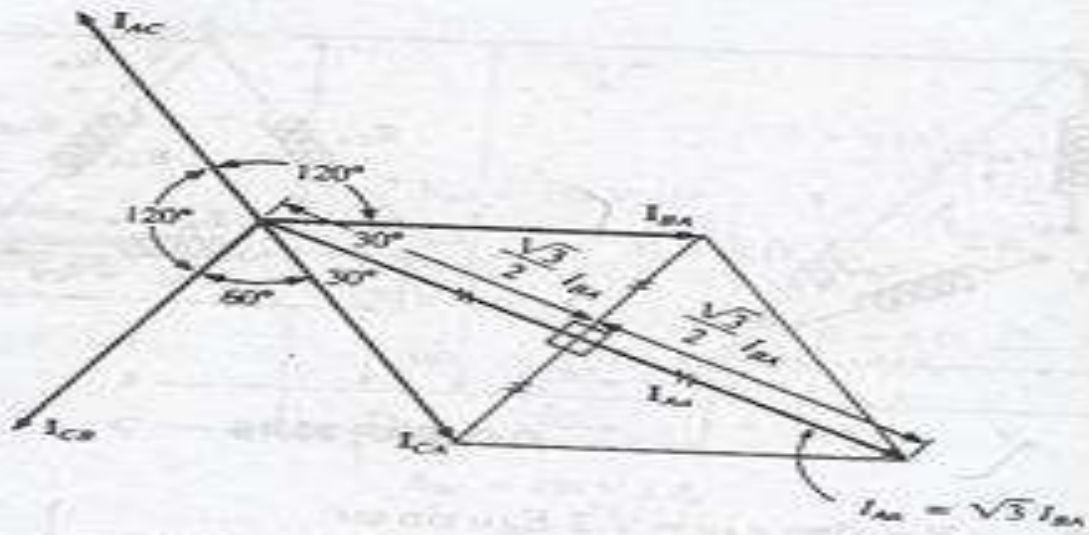
Meter	Current Ratings	Voltage Ratings	Wattage Ratings
HPF	2.5 A	150 V	1500/750/375
	5.0 A	300 V	
LPF	2.5 A	150 V	300/150/75
	5.0 A	300 V	

Hubungan delta (Δ)

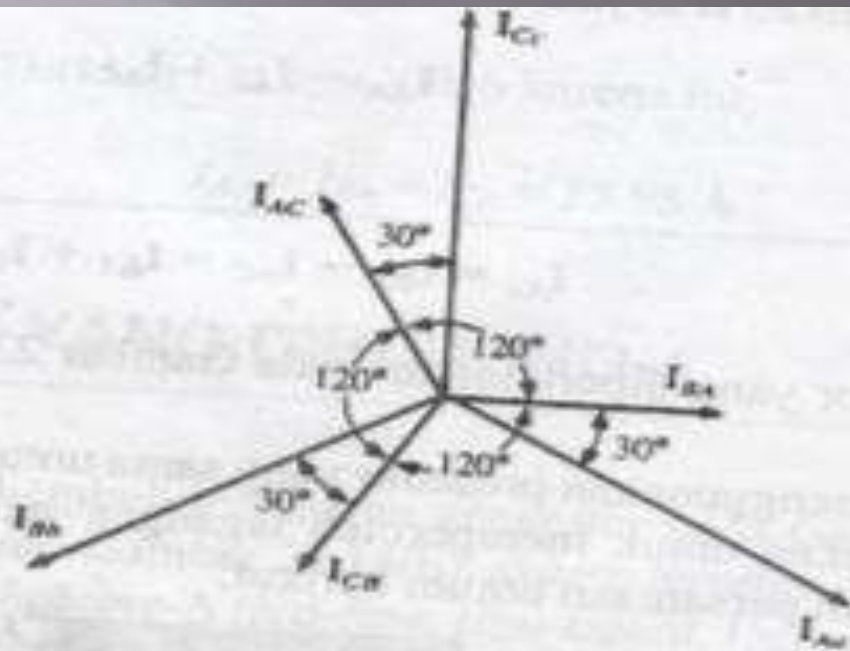
- ▣ Dalam hubungan segi tiga, tiga fase tiga kawat .
tegangan jala jala sama dengan tegangan fase .
- ▣ $E_L = E_f$
- ▣ Bahwa bahwa pada hubungan delta tidak sama dengan hubungan bintang arus fasenya.
- ▣ Dengan menggunakan hukum kirchoff arus pada salah satu titik dapat diperoleh menyelesaikan arus jala dalam suku arus fase.
Tinjau titik A. Gambar 23.16



- ▣ $I_{AB} = I_{Aa} + I_{AC}$
- ▣ Atau
- ▣ $I_{Aa} = I_{BA} - I_{AC} = I_{BA} + I_{CA}$
- ▣ Diagram fasor diperlihatkan gambar 23.17 adalah untuk beban yang seimbang.
- ▣ Dengan prosedur yang sama untuk menentukan arus jala seperti yang digunakan diperoleh
- ▣ $I_L = \sqrt{3} I_f$
- ▣ Sudut fase antara arus jala dan arus fase yang terdekat sebesar 30° . Diagram fasor arus tersebut diperlihatkan pada gambar 23.18.



GAMBAR 23.17



GAMBAR 23.18

Metode Tiga Wattmeter

Daya yang diberikan menuju sebuah beban yang dihubung Y dengan empat kawat yang setimbang maupun yang tak setimbang dapat diperoleh dengan menggunakan tiga wattmeter dengan cara yang diperlihatkan pada gambar 23.28. Masing masing wattmeter mengukur daya yang diberikan kepada masing masing fase. Kumputan tegangan pada masing masing wattmeter dihubung sejajar dengan beban, sementara kumputan arus dihubung serie dengan beban. Daya total rata rata sistem tersebut dapat diperoleh dengan menjumlahkan pembacaan tiga wattmeter tersebut jadi ,

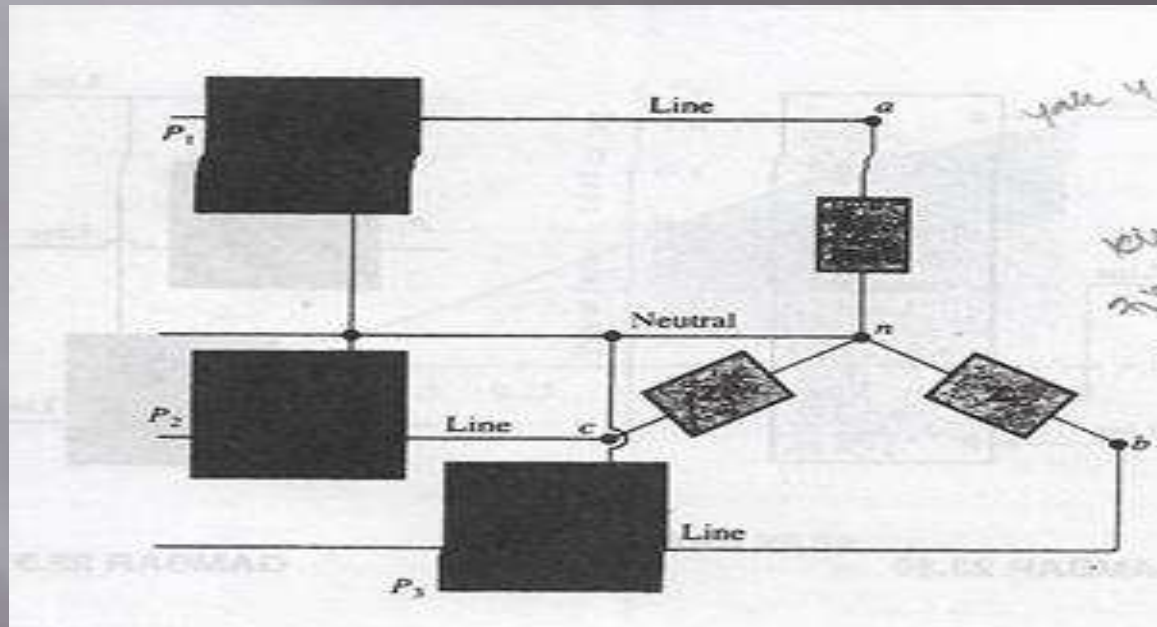
$$\square P_{TY} = P_1 + P_2 + P_3$$

Untuk beban (setimbang atau tak setimbang), wattmeter dihubungkan seperti yang diperlihatkan pada gambar 23.29. sekali lagi daya total rata rata adalah jumlah pembacaan tiga wattmeter tersebut :

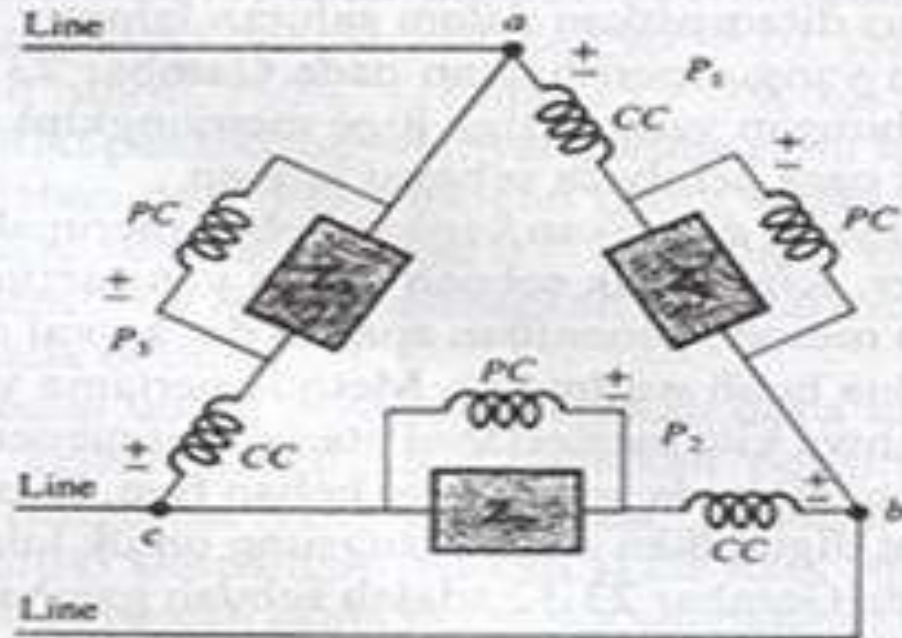
$$\square P_{T\Delta} = P_1 + P_2 + P_3$$

Jika dalam kedua kasus tersebut bebannya setimbang, maka daya yang diberikan kepada masing masing fase akan sama. Dengan demikian daya total hanya tiga kali harga pembacaan salah salah satu wattmeter.

Hubungan bintang



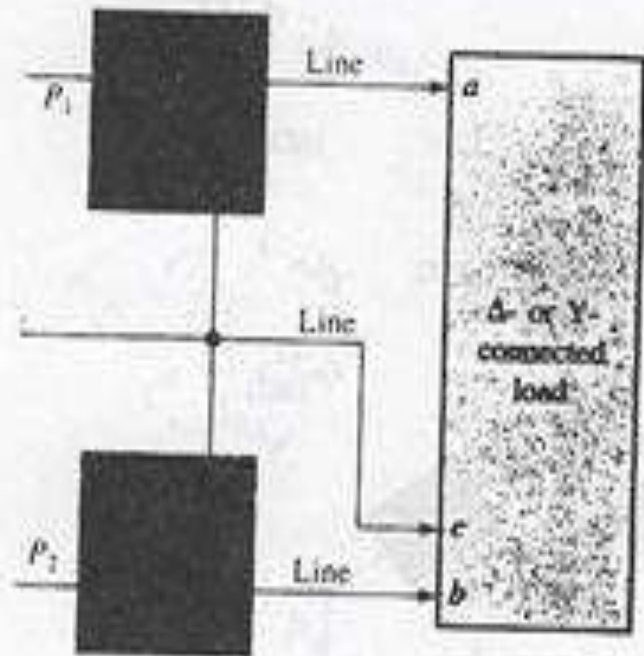
Hubungan Delta



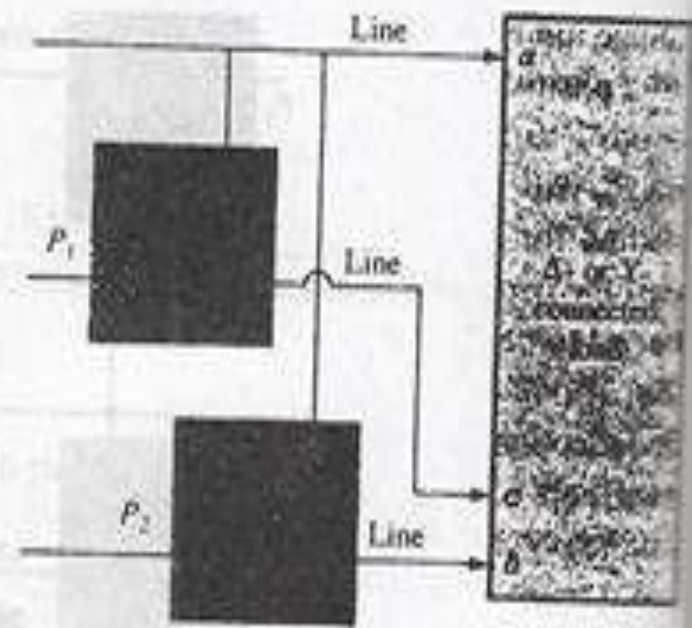
GAMBAR 23.29

Metode dua wattmeter

- ▣ Daya yang diberikan kepada sebuah beban tiga fase dengan tiga buah kawat yang dihubungkan delta atau Bintang baik setimbang maupun tak setimbang dapat diperoleh dengan hanya menggunakan dua wattmeter jika dihubungkan yang benar dan jika pembacaan wattmeter tersebut diterjemahkan dengan benar. Hubungan dasar diperlihatkan pada gambar 23.30.



GAMBAR 23.30



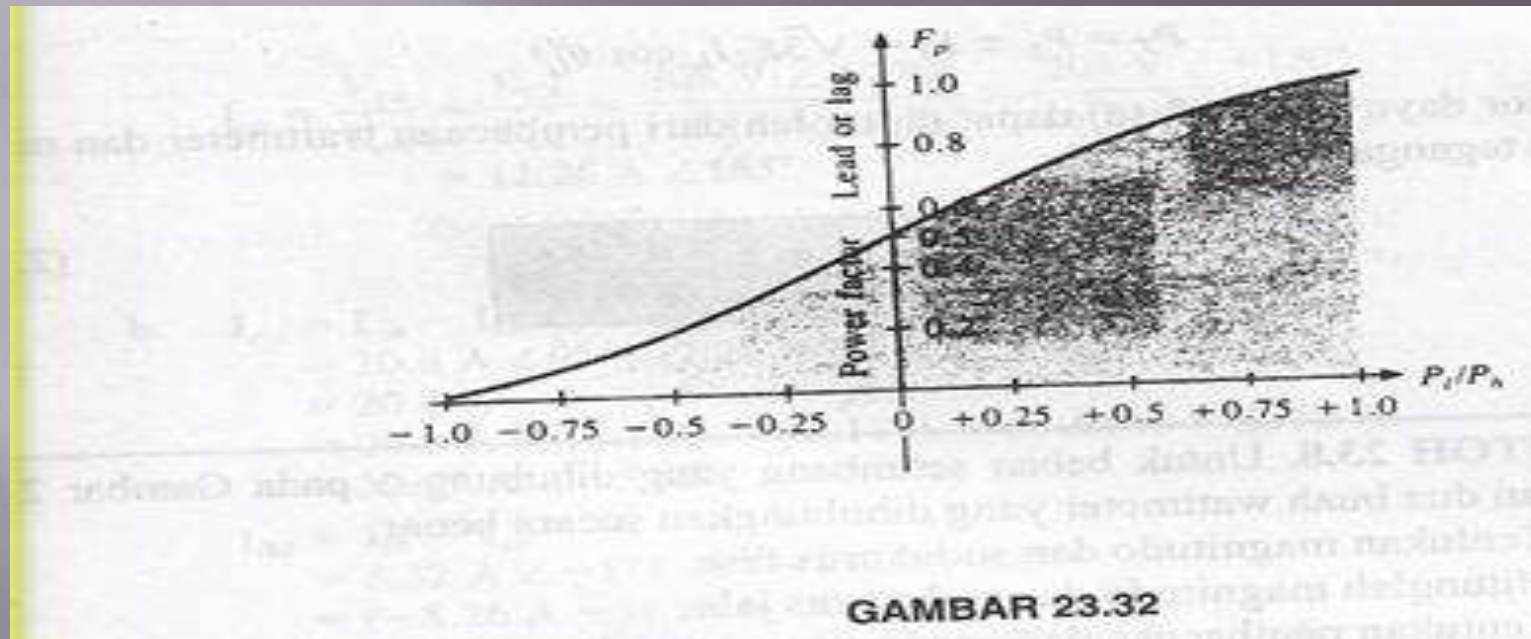
GAMBAR 23.31

Salah satu ujung dari masing masing kumparan tegangan dihubungkan menuju saluran yang sama . kemudian kumparan arus ditempatkan dalam saluran lainnya. Hubungan yang diperlihatkan pada gambar 23.31. juga akan memenuhi persyaratan. Hubungan yang ketiga juga memungkinkan, sebagai latihan.

Daya total yang diberikan kepada beban merupakan jumlah aljabar pembacaan dua watt meter. Kini untuk sebuah beban seimbang, kita akan memperhatikan dua buah metode penentuan apakah daya total merupakan jumlah atau selisih pembacaan dua buah wattmeter. Metode pertama yang akan diuraikan memerlukan syarat bahwa kita mengetahui atau dapat menentukan faktor daya (mendahului atau terbelakang) pada sembarang beban fase. Hal ini maka dapat diperoleh secara langsung untuk kurva pada gambar 23.32. Kurva pada gambar 23.32 adalah sebuah gambar hubungan antara faktor daya dan beban (fase) dan perbandingan P_1/P_h , dimana P_1 dan P_h masing-masing merupakan magnitudo pembacaan wattmeter yang lebih rendah atau yang lebih tinggi.

Bahwa pada faktor daya (mendahului atau tertinggal) yang lebih besar dari 0,5 perbandingan tersebut memiliki harga positif, dan daya total adalah pembacaan dua buah wattmeter, jadi $P_T = P_1 + P_h$. Untuk faktor daya yang lebih yang kurang dari 0,5 (mendahului atau tertinggal) , perbandingan tersebut memiliki harga negatif. Ini menunjukkan bahwa pembacaan wattmeter yang lebih rendah adalah pembacaan negatif, dan daya total merupakan selisih pembacaan dua wattmeter tersebut jadi $P_T = P_h - P_1$

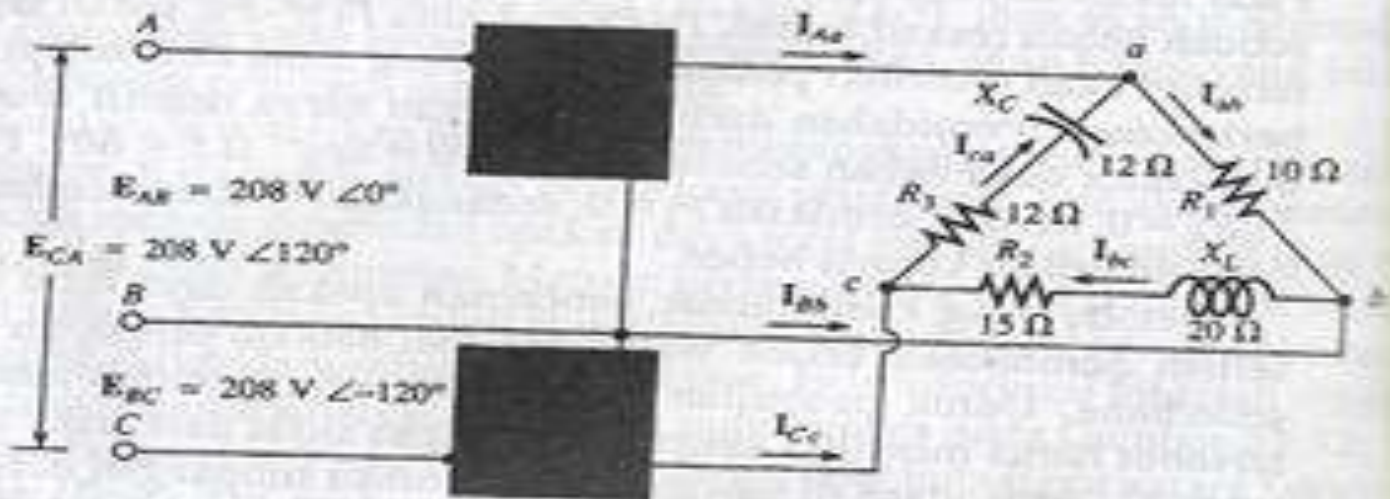
Grafik perbandingan



Soal soal dikerjakan

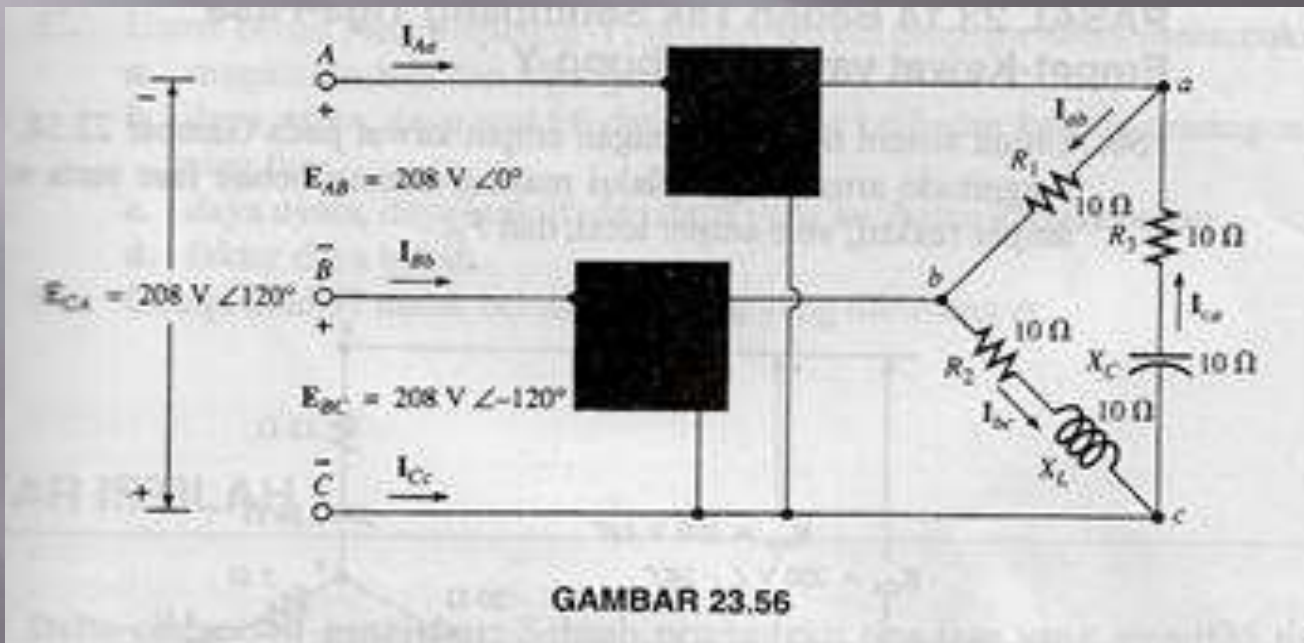
1. Untuk beban takseimbang yang dihubung delta seperti gambar dibawah ini dengan dua buah wattmeter yang dihubungkan secara lengkap :

- ▣ Tentukan magnitudo dan sudut arus fase
- ▣ Hitung magnitudo dan sudut arus jala
- ▣ Tentukan pembacaan daya pada masing masing wattmeter
- ▣ Hitung daya total yang diserap oleh beban
- ▣ Bandingkan hasil pada pertanyaan (d) dengan daya total yang dihitung dengan menggunakan arus fase dan element hambatan

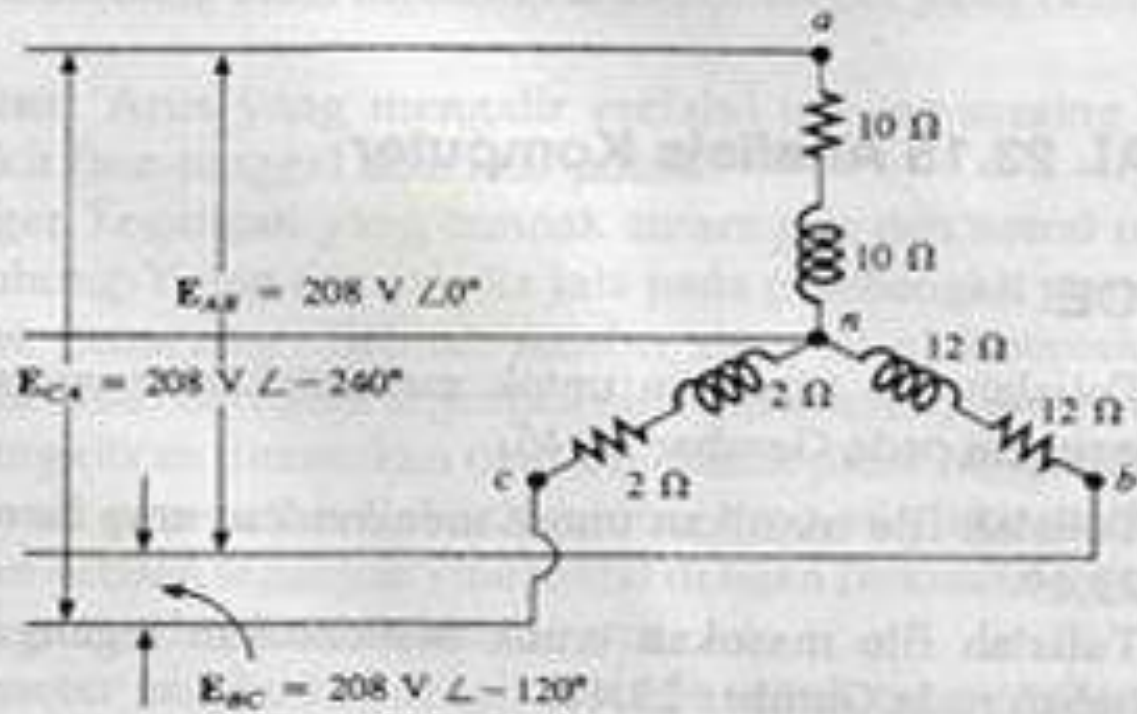


GAMBAR 23.33

2. Pertanyaan sama dengan no.1 diatas. Dengan gambar dibawah ini











- ▣ 3. Untuk beban takseimbang yang dihubung Bintang seperti gambar dibawah ini yang dihubungkan secara lengkap :
- ▣ Tentukan magnitudo dan sudut arus fase
- ▣ Hitung magnitudo dan sudut arus jala
- ▣ Hitung daya total yang diserap oleh beban



GAMBAR 23.57



Berita Acara Perkuliahan
(Presentasi Kehadiran Dosen)
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2022/2023
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1 FTI - ISTN

Nama Dosen		: 1. Ir. Nizar Rosyidi AS,MT,2. Poeji Oetomo. ST. MT			Hari		Senin
Mata Kuliah		Pengukuran Besaran Listrik			Jam		13.00-14.40
Kelas		: A			Ruang		:
No.	Hari /Tanggal	Materi Pembelajaran	Ruang	Jml Mhs	Paraf Dosen		
1.	Senin, 20-3-2023	Pendahuluan : Satuan Internasional dan Tugas 1	C-6	1			
2.	Senin, 27-3-2023	Pengukuran dan Tugas 2 (Nilai Analisa dan Deviasi)	elearning istn dan Google Meet	1			
3.	Senin,3-4-2023	Pengukuran Listrik ,Faktor faktor kesalahan pengukuran	elearning istn dan Google Meet	1			
4.	Senin,10-4-2023	Segi Tiga Daya (P,Q dan S)	elearning istn dan Google Meet	1			
5.	Senin,17-4-2023	Lanjutan Perhitungan daya (P, Q dan S)	elearning istn dan Google Meet	1			
6.	Senin, 2-5-2023	watt meter 3 fase Hubungan Delta		1			
7.	Senin, 8- 5-2023	pengukuran daya 3 dengan 2 buah watt meter		1			
8.	Senin,	UJIAN TENGAH SEMESTER (UTS) SEMESTER GENAP 2022 - 2023	elearning istn dan Google Meet	1			



Berita Acara Perkuliahan
(Presentasi Kehadiran Dosen)
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2022/2023
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1 FTI - ISTN

Nama Dosen		: 1. Ir. Nizar Rosyidi AS,MT . 2. Poeji Oetomo .ST.MT			Hari		Senin
Mata Kuliah		Pengukuran Besaran Listrik			Jam		13.00-14.40
Kelas		: A			Ruang		:
No.	Hari /Tanggal	Materi Pembelajaran	Metode Belajar	Jml Mhs	Paraf Dosen		
9	Senin, 29/5/2023	Ketelitian dan klas alat ukur	elearning istn dan Google Meet	1			
10	Senin, 5/6/2023	Alat ukur type kump putar	elearning istn dan Google Meet	1			
11	Senin, 12/6/2023	Alat ukur type besi putar	elearning istn dan Google Meet	1			
12	Senin, 19/6/2023	Alat ukur type elektrodinamis	elearning istn dan Google Meet	1			
13	Senin, 26/6/2023	Alat ukur type thermokopel	elearning istn dan Google Meet	1			
14	Senin, 3/7/2023	Alat ukur type induksi	elearning istn dan Google Meet	1			
15	Senin, 10/7/2023	Alat ukur energi listrik	elearning istn dan Google Meet	1			
16	Senin, 24/7/2023	UJIAN AKHIR SEMESTER (UAS) SEMESTER GENAP 2022 -2023	elearning istn dan Google Meet	1			

Jakarta, 2023
Kaprodi Teknik Elektro S1 FTI ISTN

Harlan Erianto, S.T, MT

DAFTAR NILAI

SEMESTER GENAP REGULER TAHUN 2022/2023

Program Studi : Teknik Elektro S1

Matakuliah : Pengukuran Besaran Listrik

Kelas / Peserta : A

Perkuliahan : Kampus ISTN Bumi Srengseng Indah

Dosen : Nizar Rosyidi, Ir.MT.

Hal. 1/1

No	NIM	N A M A	ABSEN	TUGAS	UTS	UAS	MODEL	PRESENTASI	NA	HURUF
			10%	20%	30%	40%	0%	0%		
1	19220001	Muhammad Isra Maulana	93	70	45	75	0	0	66.8	B-

Rekapitulasi Nilai							
A	0	B+	0	C+	0	D+	0
A-	0	B	0	C	0	D	0
		B-	1	C-	0	E	0

Jakarta, 2 August 2023

Dosen Pengajar



Nizar Rosyidi, Ir.MT.



**DAFTAR HADIR PESERTA KULIAH MAHASISWA
GENAP - REGULER - TAHUN 2022/2023**

FAK / JURUSAN
MATAKULIAH
KELAS / PESERTA
KURIKULUM
DOSEN

Teknik Elektro S1
Pengukuran Besaran Listrik / 222003 / 2
A / 1
2018
1.Nizar Rosyidi, Ir.MT.
2.Poedji Oetomo, ST.,MT

HARI / TANGGAL Senin
JAM KULIAH 13:00-14:40
RUANG C-6

Hal : 1 / 1

No	N I M	NAMA MAHASISWA	TANGGAL PERTEMUAN								JUMLAH
			20/23	27/23	3/4	10/4	17/4	24/4	8/5	25/5	
1	19220001	MUHAMMAD ISRA MAULANA	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	

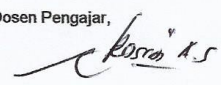
CATATAN :

Perubahan peserta hanya diperkenankan bila ada persetujuan tertulis dari Pelaksana Jurusan.

10/08/2023

Jakarta,

Dosen Pengajar,


(Nizar Rosyidi, Ir.MT.)



**DAFTAR HADIR PESERTA KULIAH MAHASISWA
GENAP - REGULER - TAHUN 2022/2023**

FAK / JURUSAN
MATAKULIAH
KELAS / PESERTA
KURIKULUM
DOSEN

Teknik Elektro S1
Pengukuran Besaran Listrik / 222003 / 2
A / 1
2018
1.Nizar Rosyidi, Ir.MT.
2.Poedji Oetomo, ST.,MT

HARI / TANGGAL Senin
JAM KULIAH 13:00-14:40
RUANG C-6

Hal : 1 / 1

No	N I M	NAMA MAHASISWA	TANGGAL PERTEMUAN								JUMLAH
			20/23	27/23	3/4	10/4	17/4	24/4	8/5	25/5	
1	19220001	MUHAMMAD ISRA MAULANA	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	

CATATAN :

Perubahan peserta hanya diperkenankan bila ada persetujuan tertulis dari Pelaksana Jurusan.

10/08/2023

Jakarta,

Dosen Pengajar,


(Nizar Rosyidi, Ir.MT.)