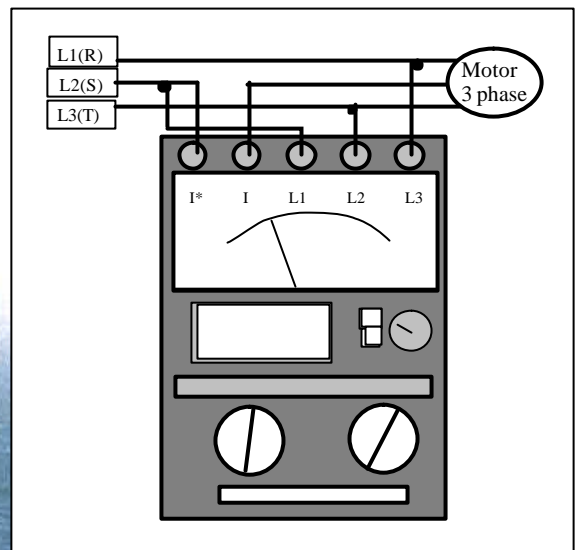


DASAR-DASAR LISTRIK

MENGOPERASIKAN WATT METER

F.20.02



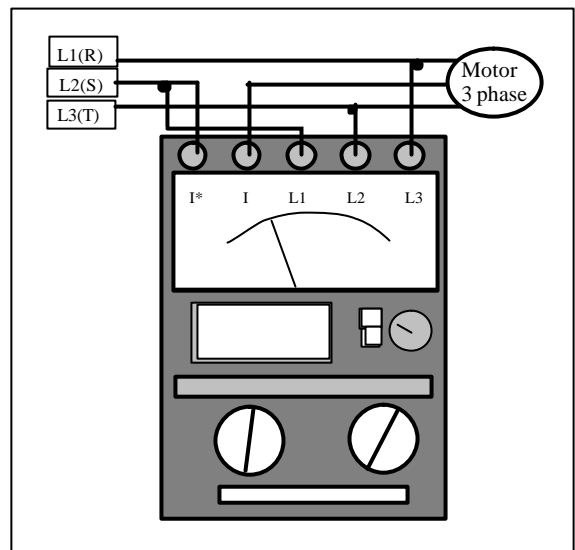
BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

2003

DASAR-DASAR LISTRIK

MENGOPERASIKAN WATT METER

F.20.02



Penyusun

Tim Kurikulum SMK Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan ITS

**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

2003

KATA PENGANTAR

Dalam peningkatkan mutu pendidikan di Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan melaksanakan secara bertahap dan berkesinambungan pada berbagai komponen pendidikan. Bagian komponen pendidikan yang dikembangkan saat ini diantaranya adalah kurikulum.

Kurikulum SMK edisi 1999, telah disempurnakan menjadi Kurikulum edisi 2004 yang mengacu pada prinsip-prinsip pengembangan kurikulum berbasis kompetensi. Pada kurikulum tersebut setiap satu kompetensi menjadi satu mata diktat, sehingga untuk menunjang pembelajarannya setiap satu kompetensi memerlukan paling sedikit satu modul pembelajaran.

Modul ini merupakan bagian dari satu paket pembelajaran kepada siswa untuk dapat memahami dan terampil melaksanakan pekerjaan yang telah dipelajari dalam modul ini serta siap untuk mempelajari paket modul berikutnya, dengan kata lain siswa didik telah memiliki satu kompetensi sebagai hasil pembelajaran dari modul ini.

Segala masukan, kritik dan saran akan kami terima dengan tangan terbuka, guna penyempurnaan secara terus menerus modul ini, untuk memperoleh hasil yang maksimal bagi siswa didik kita selanjutnya.

Jakarta,
An. Direktur Jenderal
Pendidikan Dasar dan Menengah Kejuruan,

Dr. Ir. Gatot Hari Priowirjanto
NIP. 130 675 814

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
PETA KEDUDUKAN MODUL	iv
PERISTILAHAN / GLOSARIUM	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. DESKRIPSI	1
B. PRASARAT	1
C. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL	1
a. Petunjuk untuk peserta didik	1
b. Petunjuk untuk guru	2
D. TUJUAN AKHIR	2
E. KOMPETENSI	3
F. CEK KEMAMPUAN	3
BAB II PEMBELEAJARAN	4
A. RENCANA BELAJAR SISWA / PESERTA DIDIK	4
B. KEGIATAN BELAJAR	5
1. KEGIATAN BELAJAR 1: KONSTRUKSI WATT METER	5
Rangkuman 1:	6
Tugas 1:	7
Tes formatif 1:	7
Kunci jawaban Tes formatif 1:	7
Lembar kerja 1:	9
2. KEGIATAN BELAJAR 2: PENGUKURAN DAYA ARUS SEARAH (DC)	11
Rangkuman 2:	12
Tugas 2:	12
Tes formatif 2:	12
Kunci jawaban Tes formatif 2:	13
Lembar kerja 2:	14
3. KEGIATAN BELAJAR 3 :	16

Rangkuman 3:	17
Tugas 3:	17
Tes formatif 3:	18
Kunci jawaban Tes formatif 3:	18
Lembar kerja 3:	20
4. KEGIATAN BELAJAR 4:	21
Rangkuman 4:	22
Tugas 4:	22
Tes formatif 4:	23
Kunci jawaban Tes formatif 4:	23
Lembar kerja 4:	25
BAB III EVALUASI	26
Soal Evaluasi:	26
Kunci Jawaban Soal Evaluasi:	27
BAB IV PENUTUP	33
DAFTAR PUSTAKA	34

PETA KEDUDUKAN MODUL

No	Unit Kompetensi		Kode Modul dan Durasi				
	Kode	Nama					
1 s/d 8	A.	Menggambar Teknik Dasar	A.20.01 8 jam	A.20.02 8 jam	A.20.03 10 jam	A.20.04 12 jam	A.20.05 10 jam
			A.20.06 12 jam	A.20.07 10 jam	A.20.08 14 jam		
09 s/d 19	B.	Menguasai kerja bangku	B.20.01 8 jam	B.20.02 30 jam	B.20.03 30 jam	B.20.04 20 jam	B.20.05 36 jam
			B.20.06 40 jam	B.20.07 40 jam	B.20.08 30 jam	B.20.09 24 jam	B.20.10 20 jam
			B.20.11 30 jam				
20 s/d 26	C.	Konsep dasar perkapalan	C.20.01 25 jam	C.20.02 42 jam	C.20.03 32 jam	C.20.04 48 jam	C.20.05 30 jam
			C.20.06 30 jam	C.20.07 25 jam			
27 s/d 30	D.	Memotong dng pembakar potong oksigen-asetilin	D.20.01 24 jam	D.20.02 32 jam	D.20.03 24 jam	D.20.04 24 jam	
31 s/d 34	E.	Mengasai dasar-2 pengelasan	E.20.01 24 jam	E.20.02 48 jam	E.20.03 32 jam	E.20.04 32 jam	
35 36 37 38 39 40 41 42	F.	Menguasai dasar-dasar listrik	F.20.01	Mengoperasikan AVO meter			17 jam
F.20.02			Mengoperasikan Watt meter			24 jam	
F.20.03			Rangkaian listrik DC			24 jam	
F.20.04			Mengatur & membentuk kabel			24 jam	
F.20.05			Menyambungan & mencabang kabel			8 jam	
F.20.06			Menggunakan alat dan bahan listrik			8 jam	
F.20.07			Merangkai instalasi penerangan sederhana			32 jam	
F.20.08			Instalasi tanda bahaya			16 jam	
43 s/d 49	G.	Menerapkan alat ukur listrik	G.33.01 16 jam	G.33.02 8 jam	G.33.03 16 jam	G.33.04 8 jam	G.33.05 8 jam
			G.33.06 16 jam	G.33.07 8 jam			
50 s/d 58	H.	Menguasai instalasi pene-rangan dan tenaga listrik	H.33.01 16 jam	H.33.02 8 jam	H.33.03 48 jam	H.33.04 48 jam	H.33.05 24 jam
			H.33.06 24 jam	H.33.07 24 jam	H.33.08 24 jam	H.33.09 16 jam	

59 s/d 62	I.	Menguasai konsep dasar Medan listrik	I.33.01 8 jam	I.33.02 8 jam	I.33.03 48 jam	I.33.04 32 jam	
63 s/d 70	J.	Merangkai semi konduktor	J.33.01 16 jam	J.33.02 16 jam	J.33.03 40 jam	J.33.04 48 jam	J.33.05 40 jam
			J.33.06 24 jam	J.33.07 32 jam	J.33.08 16 jam		
71 s/d 74	K.	Menguasai teknik pendingin refrigerasi	K.33.01 8 jam	K.33.02 8 jam	K.33.03 8 jam	K.33.04 8 jam	
75 s/d 85	L.	Menguasai teknik pendingin Tata udara	L.33.01 8 jam	L.33.02 8 jam	L.33.03 16 jam	L.33.04 8 jam	L.33.05 8 jam
			L.33.06 16 jam	L.33.07 24 jam	L.33.08 16 jam	L.33.09 16 jam	L.33.10 16 jam
			L.33.11 16 jam				
86 s/d 92	M.	Memperbaiki instalasi listrik Di kapal	M.33.01 96 jam	M.33.02 48 jam	M.33.03 48 jam	M.33.04 96 jam	M.33.05 24 jam
			M.33.06 24 jam	M.33.07 48 jam			
93 s/d 97	N,	Melakukan perawatan dan Perbaikan generator & Motor listrik	N.33.01 32 jam	N.33.02 32 jam	N.33.03 48 jam	N.33.04 48 jam	N.33.05 48 jam
98 s/d 104	O.	Melakukan Perawatan dan Perbaikan transformator	O.33.01 8 jam	O.33.02 16 jam	O.33.03 16 jam	O.33.04 16 jam	O.33.05 48 jam
			O.33.06 16 jam	O.33.07 24 jam			
105 s/d 110	P.	Mengerjakan sistem Pengendali elektronik dan digital	P.33.01 64 jam	P.33.02 48 jam	P.33.03 64 jam	P.33.04 64 jam	P.33.05 48 jam
			P.33.06 48 jam				

PERISTILAHAN / GLOSARIUM

Resistor atau tahanan adalah beban yang dianggap hanya mempunyai nilai beban riil saja dalam satuan ohm.

Node adalah titik percabangan pada suatu rangkaian listrik.

Elemen aktif adalah peralatan atau elemen listrik yang mempunyai kemampuan menyalurkan (mencatu) tenaga listrik.

Elemen pasif adalah peralatan atau elemen listrik yang menerima aliran catu tenaga listrik.

Beban satu phase adalah beban listrik yang dicatu oleh satu saluran phase (berarus), satu saluran phase bis terdiri atas satu kabel berarus (R , S atau T) dengan saluran netral (tak berarus).

Beban tiga phase adalah beban listrik yang catu dayanya terdiri atas tiga saluran (R,S,T) terkadang juga ada netralnya.

BAB I

PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI JUDUL

Modul Mengoperasikan Wattmeter merupakan modul diklat (pendidikan dan latihan) kerja yang berisi tentang latihan merangkai Wattmeter untuk mengukur daya listrik pada beban-beban yang sedang beroperasi dalam suatu sistem kelistrikan dengan beberapa kondisi beban seperti : beban dc, beban AC satu phase serta beban AC tiga phase. Modul ini termasuk dalam lingkup Bidang Keahlian Teknik Perkapalan, Program Keahlian Listrik Kapal.

Modul ini terdiri atas 4 (empat) kegiatan belajar yang mencakup (1) Konstruksi Wattmeter, (2) Mengukur daya arus searah (DC), (3) Mengukur daya arus bolak balik (AC) satu phase, dan (4) Mengukur daya arus bolak balik (AC) tiga phase.

Dengan menguasai modul ini diharapkan peserta didik mampu memahami konstruksi dan mengoperasikan wattmeter dan melaksanakan berbagai bentuk pengukuran daya.

B. PRASYARAT

Untuk dapat mempelajari modul Rangkaian Listrik DC, peserta didik diharapkan telah memiliki kemampuan awal yaitu :

1. Peserta didik telah dapat merangkai peralatan ukur dan merangkai beban.
2. Peserta didik telah dapat membaca penunjukan pada meter ukur voltmeter dan ampermeter

C. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

a. Petunjuk untuk peserta didik

Langkah-langkah peserta didik yang harus dilakukan untuk mempelajari modul ini adalah sebagai berikut :

1. Bacalah tujuan akhir dan tujuan setiap kegiatan belajar dengan seksama.
2. Bacalah uraian materi pada setiap kegiatan dengan seksama.
3. Persiapkan alat dan bahan secara lengkap sesuai yang tercantum pada kegiatan belajar.
4. Lakukan pemahaman pada setiap kegiatan belajar.
5. Jawablah setiap pertanyaan pada lembar latihan pada masing masing kegiatan belajar, Cocokkan jawaban dengan kunci jawaban yang telah tersedia di lembar kunci jawaban.
6. Jawablah pertanyaan pada lembar evaluasi, cocokkan kunci jawaban yang telah tersedia pada lembar kunci jawaban evaluasi.
7. Bersihkan dan rapikan kembali semua peralatan – peralatan yang telah digunakan, dan kembalikan pada tempatnya semula.

b. Petunjuk untuk guru

1. Dengan mengikuti penjelasan didalam modul ini, susunlah tahapan penyelesaian yang diberikan kepada siswa / peserta didik
2. Berikanlah penjelasan mengenai peranan dan pentingnya pengetahuan mengoperasikan Wattmeter.
3. Berikanlah penjelasan serinci mungkin pada setiap tahapan tugas.
4. Berilah contoh gambar – gambar atau barang barang yang sudah ada untuk memberikan wawasan kepada siswa.
5. lakukan evaluasi pada setiap akhir penyelesaian tahapan tugas.
6. Berilah penghargaan yang setimpal dengan hasil karyanya.

D. TUJUAN AKHIR

Setelah mengikuti seluruh kegiatan belajar dalam modul ini peserta didik ini diharapkan dapat :

1. Menjelaskan konstruksi Wattmeter dan cara merangkai Wattmeter yang mencakup:
Mengukur daya DC.
Mengukur daya AC satu phase.
Mengukur daya AC tiga phase.
2. Melaksanakan rangkaian dan membaca Watt meter.

E. KOMPETENSI

Setelah menyelesaikan pembelajaran dalam modul ini, siswa telah mempunyai kemampuan mengoperasikan Watt meter dan mampu membaca Watt meter.

F.CEK KEMAMPUAN.

Untuk menjajaki siswa tentang pengetahuan dan ketrampilan yang berkaitan dengan isi modul ini, dapat dilakukan dengan memberikan pertanyaan tentang, konstruksi Wattmeter, teknik merangkai Wattmeter pada sistem beban DC, teknik merangkai Wattmeter pada sistem beban AC satu phase, teknik merangkai Wattmeter pada sistem beban AC tiga phase dan teknik membaca penunjukan pada Wattmeter.

BAB II

PEMBELAJARAN

A.RENCANA BELAJAR SISWA / PESERTA DIDIK

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu (jam)	Tempat Belajar	Alasan perubahan	Tanda tangan Guru
1. Konstruksi Wattmeter		3	Ruang Klas		
Tes Formatif 1		1	Ruang Klas		
2. Pengukuran Daya Arus (DC)		4	Lab.		
Tes Formatif 2		2	Ruang Klas		
3. Pengukuran Daya Arus Bolak-Balik (AC) satu phase.		4	Lab.		
Tes Formatif 3		2	Ruang Klas		
4. Pengukuran Daya Arus Bolak-Balik (AC) tiga phase.		4	Lab.		
Tes Formatif 4		2	Ruang Klas		
Evaluasi		2	Ruang Klas		

B. KEGIATAN BELAJAR

1. KEGIATAN BELAJAR 1: KONSTRUKSI WATTmeter

Tujuan Kegiatan Pembelajaran 1:

Siswa dapat menjelaskan konstruksi Wattmeter dan pembacaan pada penunjukannya.

Uraian Materi

Daya listrik dalam pengertiannya dapat dikelompokkan dalam dua kelompok sesuai dengan cara tenaga listriknya, yaitu : daya listrik DC dan daya listrik AC.

Daya listrik DC dirumuskan sebagai :

$$P = V \cdot I$$

dimana : P = daya (Watt)

V = tegangan (Volt)

I = arus (Amper)

Daya listrik AC ada 2 macam yaitu: daya untuk satu phase dan daya untuk tiga phase, dimana dapat dirumuskan sebagai berikut :

Pada sistem satu phase:

$$P = V \cdot I \cdot \cos f$$

Dimana : V = tegangan kerja (Volt)

I = Arus yang mengalir ke beban (Amper)

cos f = faktor daya

Pada sistem tiga phase :

$$P = 3 V \cdot I \cdot \cos f$$

Dimana : V = tegangan phase netral (volt)

I = arus yang mengalir ke beban (Amper)

cos f = faktor daya

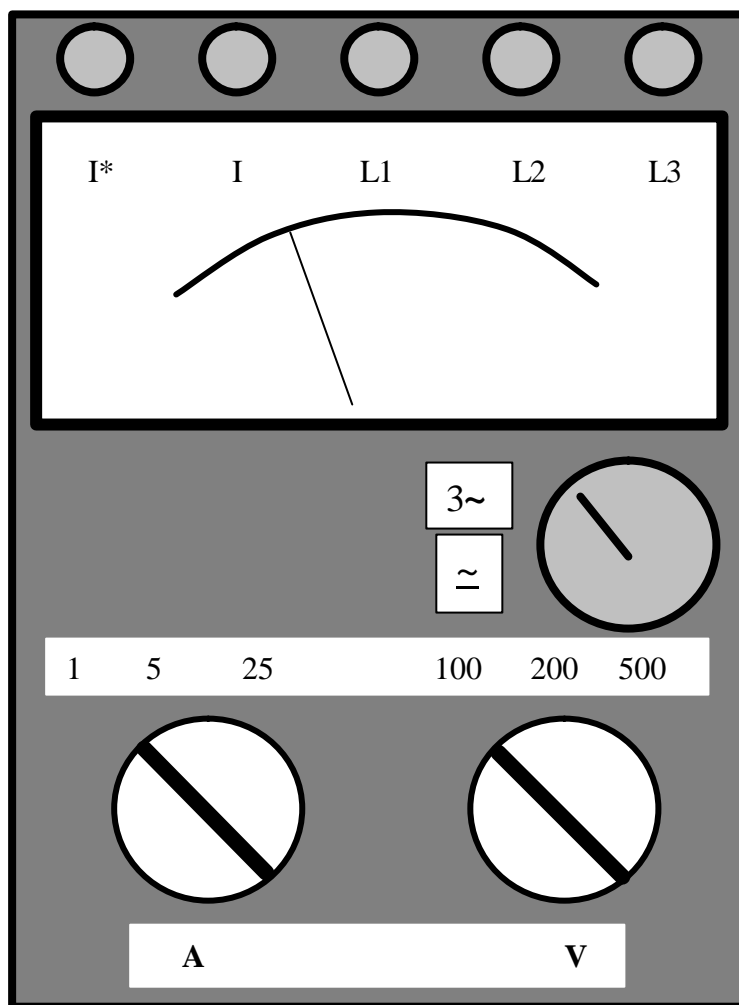
atau $P = \sqrt{3} V \cdot I \cdot \cos f$

dimana: V = tegangan antar phase (Volt)

I = arus yang mengalir ke beban (Amper)

cos f = faktor daya

Wattmeter adalah instrumen pengukur daya listrik nyata yang pembacaannya dalam satuan Watt. Gambar dibawah ini memperlihatkan konstruksi Wattmeter.



Keterangan gambar:

I* = arus masuk

I = arus keluar

L1 = phase R

L2 = phase S

L3 = phase T

3~ = penggunaan wattmeter untuk sistem 3 phase

~ = penggunaan wattmeter untuk 1 phase / untuk DC

A = skala arus

V = skala tegangan

Gambar 1: Konstruksi wattmeter

Pembacaan dari nilai didasarkan pada rumusan sebagai berikut :

$$P = U \times I \times C$$

Dimana :

U = pembacaan pada jarum penunjuk wattmeter

I = pemilihan arus (dari switch jarum menunjuk pada skala tertentu)

C = faktor koreksi dapat dilihat pada tabel di Wattmeter.

Rangkuman 1:

Daya listrik terbagi dalam: daya listrik dc, daya listrik satu phase dan daya listrik tiga phase.

Wattmeter adalah instrumen pengukur daya listrik yang merupakan kombinasi voltmeter dan ampermeter. Dalam pengoperasiannya harus memperhatikan petunjuk yang ada pada manual book atau tabel yang tertera pada wattmeter. Demikian juga dalam hal pembacaannya harus mengacu pada manual book yang ada.

Tugas 1:

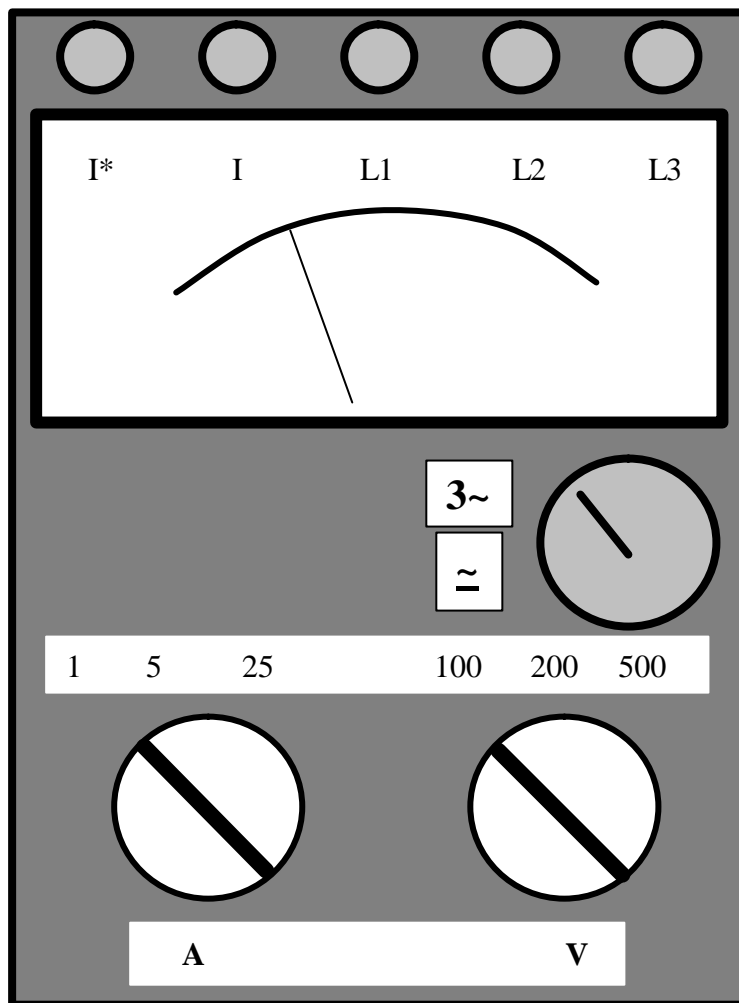
1. Sebutkan rumusan dari daya pada pengukuran daya listrik DC?
2. Sebutkan rumusan dari daya pada pengukuran daya listrik AC ?
3. Sebutkan jumlah terminal input output pada Wattmeter?
4. Sebutkan range apa saja yang terdapat sebagai fungsi dari penggunaan dan pembacaan pada watt meter?
5. Tuliskan rumusan pembacaan daya pada Wattmeter dan berikan keterangan dari rumusannya?

Tes Formatif 1:

1. Jelaskan perbedaan rumusan daya pada sistem DC, AC satu phase dan AC tiga phase ?
2. Saudara gambarkan wattmeter pada suatu merk tertentu lengkap dengan switch pengatur ?
3. Saudara rumuskan pembacaan dari Wattmeter tersebut di atas
4. Jelaskan tentang segitiga daya?

Kunci Jawaban Tes Formatif 1:

1. Perbedaan rumusan daya pada sistem DC, AC satu phase dan AC tiga phase
 $P_{dc} = V.I$; $P_{1ph} = V.I \cos f$; $P_{3ph} = 3. V. I \cos f$
Dari ketiga rumusan tersebut maka terlihat bahwa pada :
Perumusan daya dc tidak terdapat faktor daya
Perumusan daya tiga phasa sama dengan tiga kali perumusan daya satu phase.
2. Gambar konstruksi wattmeter pada merk **Wattavi** lengkap dengan switch pengaturnya seperti terlihat pada gambar berikut.



Keterangan gambar:

- I* = arus masuk
- I = arus keluar
- L1 = phase R
- L2 = phase S
- L3 = phase T
- 3~ = penggunaan wattmeter untuk sistem 3 phase
- ~ = penggunaan wattmeter untuk 1 phase / untuk DC
- A = skala arus
- V = skala tegangan

3. Rumusan pembacaan dari Wattmeter tersebut di atas adalah sebagai berikut :

Dengan melihat tabel yang terlihat pada peralatan

I	U	U*I*C = P				
		C1ph		C3ph		
		0...100	0...250	0....100	0....250	
I _{max} = 1.2*I	U _{max} = 1.2*U	100 V	1	–	2	–
		200 V	2	–	4	–
		500 V	5	–	10	–
1A	100 V	5	–	10	–	
	200 V	10	–	20	–	
	500 V	–	10	–	20	
5A	100 V	–	10	–	20	
	200 V	–	20	100	–	
	500 V	–	50	–	100	

Sebagai contoh : pada pengukuran beban 1 phase switch arus (I) pada posisi angka 1 selanjutnya switch tegangan (V) pada posisi 100 maka $C = 1$ (sesuai tabel di atas), selanjutnya apabila jarum menunjukkan angka 40 maka pembacaan daya dirumuskan sebagai berikut :

$$P = U.I.C$$

$$P = 40. 1. 1$$

$$P = 40 \text{ watt}$$

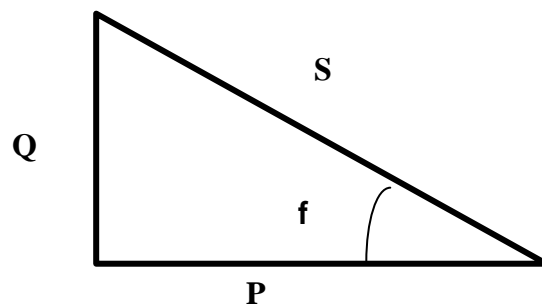
4. Segitiga daya dapat digambarkan sebagai berikut :

$$S = \text{daya buta} = V \cdot I$$

$$P = \text{daya nyata (riil)} = V \cdot I \cdot \cos f$$

$$Q = \text{daya maya (imaginer)} = V \cdot I \cdot \sin f$$

Selanjutnya dapat digambarkan dalam segitiga daya



Lembar Kerja 1:

Alat dan Bahan

- | | |
|------------------------|------------|
| 1. Alat ukur wattmeter | 1 buah |
| 2. Beban penghubung | 1 buah |
| 3. Kabel penghubung | Secukupnya |

Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

1. Gunakanlah pakaian praktik.
2. Bacalah dengan seksama dan benar petunjuk praktikum.
3. Hati-hati dengan aliran arus listrik.
4. Tanyakan kepada instruktur hal-hal yang meragukan.

Langkah Kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang diinginkan untuk percobaan ini.
2. Untuk menentukan besarnya daya, maka dilakukan langkah-langkah sebagai berikut. Pilihlah saklar range tegangan (V) dan skala range arus (A) yang sesuai. Misal skala tegangan posisi 100 V (kolum vertikal), skala arus posisi 1 A (garis horizontal). Kemudian teriklah titik temu antara tegangan dan arus yang terdapat pada tabel, sehingga ditemukan nilai C dan petunjuk skala jarum yang dipergunakan.

Jika jarum penunjuk menunjuk pada posisi angka 5, maka besarnya daya yang terukur adalah

$$P = U * I * C$$

$$P = 5 * 1 * 1$$

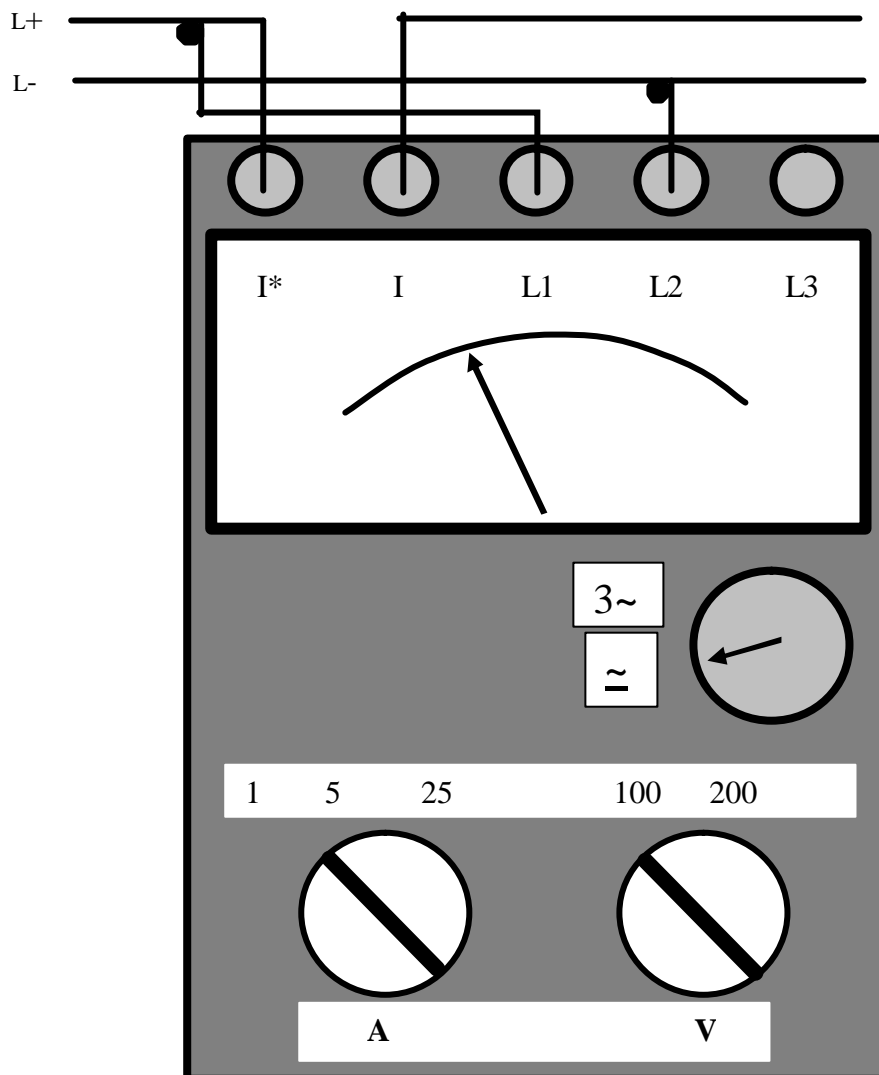
$$P = 5 \text{ Watt}$$

2. KEGIATAN BELAJAR 2: PENGUKURAN DAYA ARUS SEARAH (DC)

Tujuan Kegiatan Pembelajaran 2:

Siswa dapat menjelaskan pengoperasian Wattmeter saat dipergunakan untuk mengukur daya arus searah pembacaan pada penunjukannya.

Uraian Materi 2:



Gambar 2: Bagan hubungan wattmeter untuk pengukuran daya DC

Pengukuran daya arus searah dapat dilakukan dengan alat ukur Wattmeter. Didalam instrument ini terdapat dua macam kumparan yaitu kumparan arus dan kumparan tegangan. Kopel yang dikalikan oleh kedua macam kumparan tersebut berbanding lurus dari hasil perkalian arus dan tegangan. Adapun hubungan dalam wattmeter dapat kita lihat pada gbr 2.

Rangkuman 2:

Wattmeter merupakan instrumen pengukur daya listrik yang merupakan kombinasi voltmeter dan ampermeter. Dalam pengoperasiannya harus memperhatikan petunjuk yang tertuang pada manual book atau tabel yang tertera pada wattmeter. Demikian juga dalam hal pembacaannya harus mengacu pada manual book yang ada.

Pada pengukuran daya listrik DC dengan menggunakan wattmeter 4 titik terminal I/O pada Wattmeter yaitu terminal I*, I, L1 dan L2. Perhitungan perlu dilakukan seperti yang tertera pada tabel yang tersedia di atas.

Tugas 2:

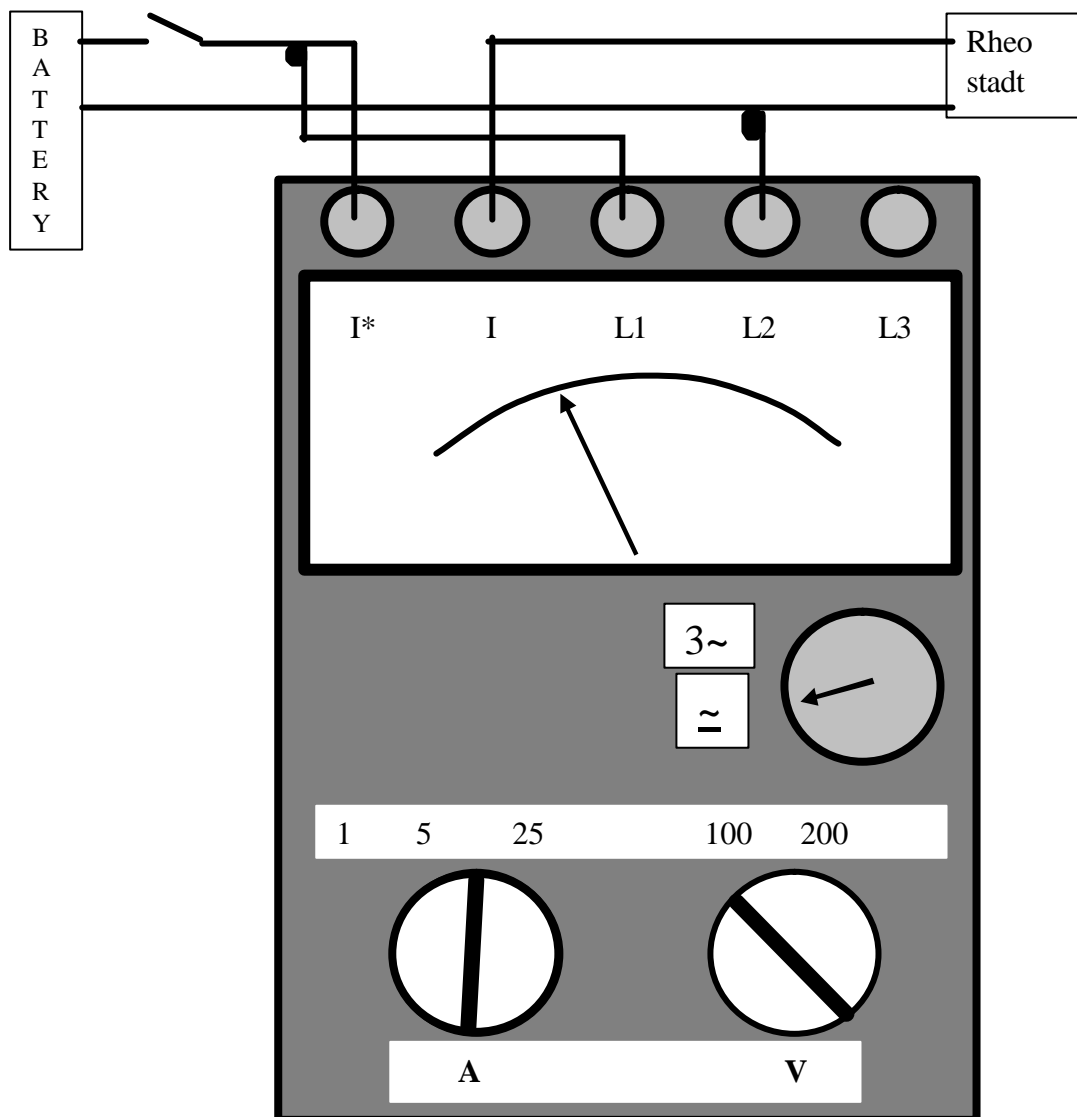
1. Sebutkan macam macamn peralatan listrik dengan catu daya DC?
2. Sebutkan rumusan dari daya pada pengukuran daya listrik AC secara teori dan secara pengukuran dengan Wattmeter ?
3. Sebutkan jumlah terminal input output pada Wattmeter pada pengukuran daya DC?
4. Sebutkan range apa saja yang terdapat sebagai fungsi dari penggunaan dan pembacaan pada watt meter untuk pengukuran daya DC?
5. Sebutkan macam macam elemen aktif penghasil tegangan dc dan berikan contoh spesifikasi dari elemen aktif tersebut ?

Tes Formatif 2:

1. Saudara berikan contoh dari suatu elemen aktif sebagai catu daya dc lengkap dengan spesifikasinya ?
2. Saudara gambarkan wattmeter pada suatu merk tertentu lengkap dengan switch pengatur yang dirangkai pada suatu peralatan DC dan sistem catu dayanya?
3. Saudara rumuskan pembacaan dari Wattmeter tersebut di atas.
4. mengapa pada rumusan daya sistem DC tidak terdapat Cos f ?

Kunci Jawaban Tes Formatif 2:

1. Contoh dari suatu elemen aktif sebagai catu daya DC lengkap dengan spesifikasinya : Accumulator ,12 Volt, 60 AH ; Generator DC Seri, 12 Volt, 500 Watt
2. Gambar konstruksi wattmeter pada merk Wattavi lengkap dengan switch pengatur yang terangkai dengan suatu beban DC dan sistem catu daya DC



3. Rumusan pembacaan dari Wattmeter tersebut di atas adalah sebagai berikut :

Dengan melihat tabel yang terlihat pada peralatan

I	U	U*I*C = P			
		C1ph		C3ph	
		0...100	0...250	0....100	0....250
1A	100 V	1	–	2	–
	200 V	2	–	4	–
	500 V	5	–	10	–
5A	100 V	5	–	10	–
	200 V	10	–	20	–
	500 V	–	10	–	20
25A	100 V	–	10	–	20
	200 V	–	20	100	–
	500 V	–	50	–	100

Sebagai contoh : pada pengukuran beban 1 phase switch arus (I) pada posisi angka 5 selanjutnya switch tegangan (V) pada posisi 100 maka C = 1 (sesuai tabel di atas), selanjutnya apabila jarum menunjukkan angka 40 maka pembacaan daya dirumuskan sebagai berikut :

$$P = U.I.C$$

$$P = 40. 5. 5$$

$$P = 1000 \text{ watt}$$

4. Rumusan daya sistem DC tidak terdapat $\cos f$ dikarenakan sudut yang dibentuk antara tegangan dan arus (f) sama dengan nol artinya tegangan dan arus arahnya berimpit sehingga :

$$P = V . I . \cos f$$

$$P = V . I . 1$$

$$P = V.I$$

Lembar Kerja 2:

Alat dan Bahan

- | | |
|---------------------|------------|
| 3. Wattmeter | 1 buah |
| 2. Accumulator | 1 buah |
| 3. resistor geser | 1 buah |
| 4. Power suplay | 1 buah |
| 5. Kabel penghubung | Secukupnya |

Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

1. Gunakanlah pakaian praktik.
2. Bacalah dengan seksama dan benar petunjuk praktikum.
3. Hati-hati dengan aliran arus listrik.
4. Tanyakan kepada instruktur hal-hal yang meragukan.

Langkah Kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan
2. Rangkaian peralatan seperti gambar Setelah selesai merangkai, periksalah kepada intruktur.
3. Hubungkan rangkaian ke sumber tegangan Accumulator, amati penunjukan alat ukur
4. Hubungkan saklar S, naikkan arus beban dengan mengatur load resistor sampai amperemeter menunjuk sama dengan arus nominal wattmeter.
5. Catat hasil penunjukan pada tabel, kemudian atur load resistor ke posisi arus minimum (lihat penunjukan amperemeter).
6. Setel saklar S pada posisi OFF, putuskan hubungan ke sumber tegangan.
7. Tanpa membongkar rangkaian, sesuaikan rangkaian seperti gambar b, dengan merubah posisi hubungan kumparan tegangan Wattmeter.
8. Hubungkan rangkaian ke sumber tegangan (saklar S posisi OFF), amati dengan seksma penunjukan wattmeter dan catat hasilnya pada tabel.
9. Lakukan percobaan seperti langkah 5, catat hasilnya pada tabel.
10. Putuskan hubungan pada rangkaian ke sumber tegangan.
11. rapikan alat dan bahan, dan kembalikan ke tempat semula.

Tabel

	Amp. meter	Voltmeter	C	$P = U \cdot I \cdot C$	
1					
2					
3					

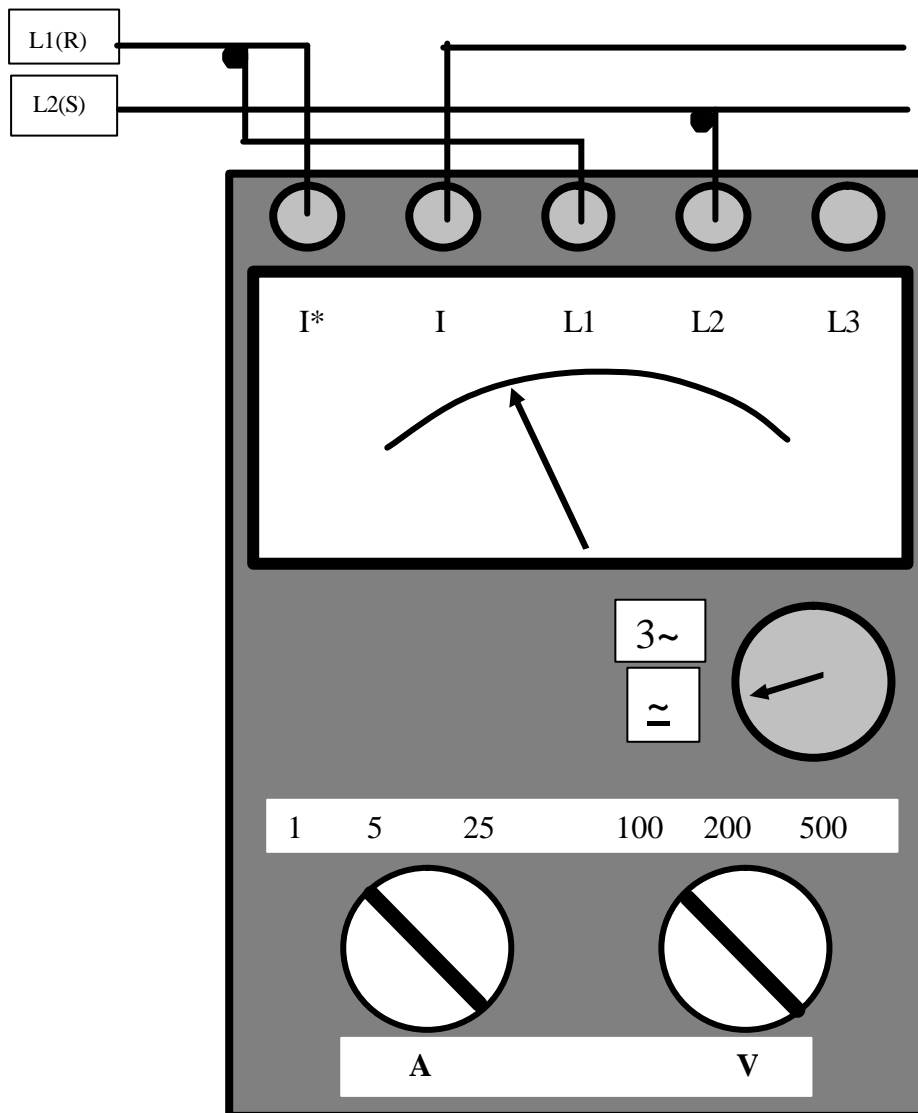
3. KEGIATAN BELAJAR 3: PENGUKURAN DAYA ARUS BOLAK-BALIK SATU PHASE

Tujuan Kegiatan Pembelajaran 3:

Siswa dapat menjelaskan pengoperasian Wattmeter saat dipergunakan untuk mengukur daya arus bolak balik satu phase serta pembacaan pada penunjukannya.

Uraian Materi 3:

Pengukuran daya arus bolak-balik satu fase pada jaringan dengan menggunakan wattmeter, seperti terlihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3: Wattmeter untuk pengukuran daya beban satu phase

Dalam gambar 3 dapat dilihat bahwa dalam menghubungkan ke beban dan saluran supply daya listrik wattmeter untuk pengukuran daya satu phase ada kesamaan dengan pengukuran daya DC, terminal input output pada Wattmeter mempunyai kesamaan dengan saat mengukur daya DC. Pembacaan dilaksanakan dengan mengacu pada tabel yang tersedia pada Wattmeter sebagai berikut :

I	U	U*I*C = P			
		C1ph		C3ph	
		0...100	0...250	0....100	0....250
1A	100 V	1	–	2	–
	200 V	2	–	4	–
	500 V	5	–	10	–
5A	100 V	5	–	10	–
	200 V	10	–	20	–
	500 V	–	10	–	20
25A	100 V	–	10	–	20
	200 V	–	20	100	–
	500 V	–	50	–	100

Rangkuman 3:

Wattmeter adalah instrumen pengukur daya listrik yang merupakan kombinasi voltmeter dan amperemeter. Dalam pengoperasiannya harus memperhatikan petunjuk yang tertuang pada manual book atau tabel yang tertera pada wattmeter. Demikian juga dalam hal pembacaannya harus mengacu pada manual book yang ada.

Pada pengukuran daya listrik beban arus bolak balik satu phase dilaksanakan dengan menggunakan 4 titik terminal I/O pada Wattmeter yaitu terminal I*, I, L1 dan L2. Perhitungan perlu dilakukan seperti yang tertera pada tabel yang tersedia di atas.

Tugas 3:

1. Sebutkan macam macam peralatan listrik dengan catu daya AC satu phase ?

2. Sebutkan rumusan dari daya pada pengukuran daya listrik AC satu phase secara teori dan secara pengukuran dengan Wattmeter ?
3. Sebutkan jumlah terminal input output pada Wattmeter pada pengukuran daya AC satu phase?
4. Sebutkan range apa saja yang terdapat sebagai fungsi dari penggunaan dan pembacaan pada Wattmeter untuk pengukuran daya AC satu phase?
5. Sebutkan macam macam elemen aktif penghasil tegangan AC satu phase dan berikan contoh spesifikasi dari elemen aktif tersebut ?

Tes Formatif 3:

1. Saudara berikan contoh dari suatu elemen aktif sebagai catu daya AC satu phase lengkap dengan spesifikasinya ?
2. Saudara rumuskan pembacaan dari Wattmeter?
3. Mengapa pada rumusan daya sistem AC satu phase terdapat $\cos f$?
4. Gambarkan wattmeter pada suatu merk tertentu lengkap dengan switch pengatur yang dirangkai pada suatu peralatan AC satu phase dan sistem catu-daya nya?

Kunci Jawaban Tes Formatif 3:

1. Contoh dari suatu elemen aktif sebagai catu daya AC satu phase lengkap dengan spesifikasinya adalah **Generator sinkron satu phase**; daya output 3 KVA, tegangan 220 Volt, frekwensi 50 Hz, $\cos f = 0,8$.
2. Rumusan pembacaan dari Wattmeter tersebut adalah sebagai berikut.
Dengan melihat pada tabel yang tersedia dimana A pada 5 A sedangkan V pada 200 V maka C = 10 misalkan pembacaan pada meter ukur di atas menunjuk pada angka 60 maka dapat diperoleh :

$$P = U.I.C$$

$$P = 60 . 5 . 10$$

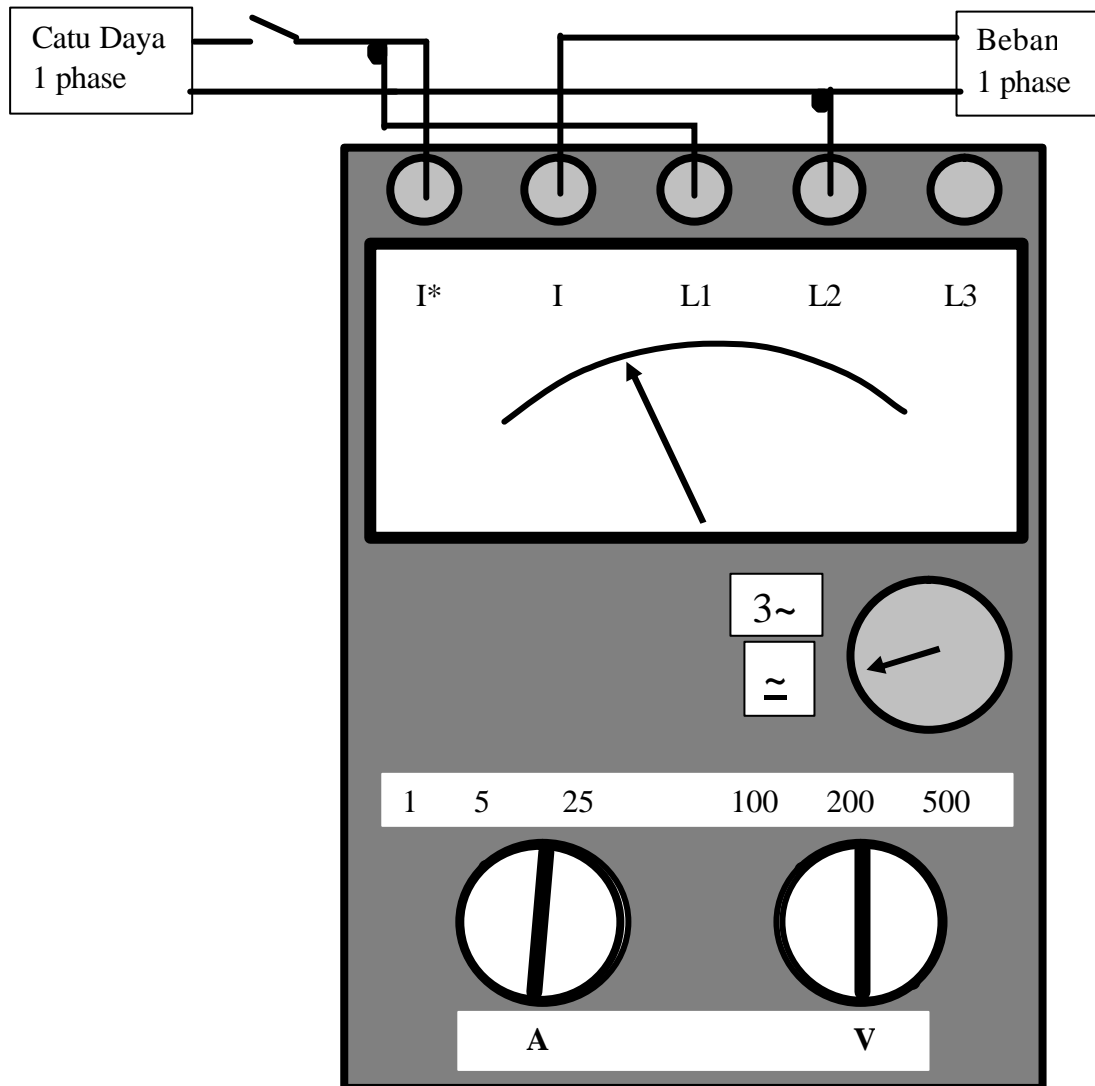
$$P = 3000 \text{ Watt}$$

3. Rumusan daya sistem AC satu phase terdapat $\cos \phi$.

Karena pada sistem catu daya satu phase terdapat frekwensi, hal ini mengakibatkan timbulnya beban reaktif sehingga beban merupakan nilai yang kompleks. Akibat beban yang bernilai kompleks maka arus (I) yang mengalir akan mempunyai perbedaan sudut phase dengan tegangan supply sudut yang dibentuk sama dengan ϕ .

Adapun adanya $\cos \phi$ dimaksudkan bahwa daya tersebut merupakan daya yang riil (nyata).

4. Gambaran wattmeter lengkap dengan switch pengatur yang dirangkai pada suatu peralatan AC satu phase dan sistem catu dayanya dipergunakan Wattmeter merk **Wattavi** produksi **HB Elima**.



Lembar Kerja 3:

Alat dan Bahan

- | | |
|---------------------|------------|
| 1. Wattmeter | 1 buah |
| 2. Amperemeter | 1 buah |
| 3. Beban resistor | 1 buah |
| 5. Power supplay | 1 buah |
| 6. Kabel penghubung | Secukupnya |

Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

1. Gunakanlah pakaian praktik.
2. Bacalah dengan seksama dan benar petunjuk praktikum.
3. Hati-hati dengan aliran arus listrik.
4. Tanyakan kepada instruktur hal-hal yang meragukan.

Langkah Kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Rangkaian peralatan seperti gambar .
3. Setelah selesai merangkai, periksalah kepada instruktur.
4. Hubungkan rangkaian ke sumber tegangan, amati penunjukan alat ukur (apabila tidak menunjuk catat nol pada tabel).
5. Catat hasil penunjukan pada tabel,
6. Lakukan percobaan seperti langkah 5, catat hasilnya pada tabel.
7. Putuskan hubungan rangkaian ke sumber tegangan.
8. Rapikan alat dan bahan, dan kembalikan ke tempat semula.

Tabel

NO	Pengukuran			Perhitungan			Keterangan
	U	I	C	P	Q	f	
1							
2							
3							
4							
5							

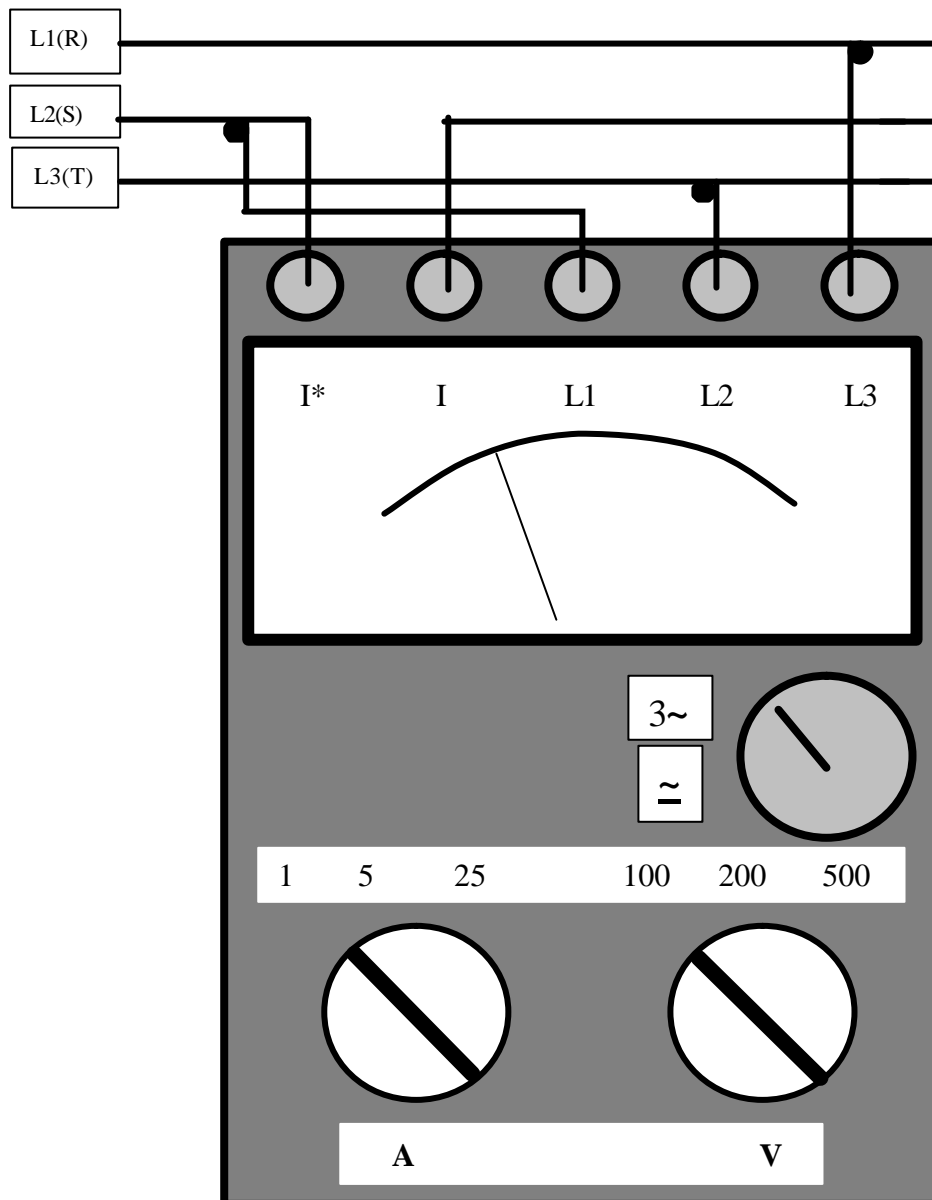
4. KEGIATAN BELAJAR 4: PENGUKURAN DAYA ARUS BOLAK BALIK TIGA PHASE

Tujuan Kegiatan Pembelajaran 4:

Siswa dapat menjelaskan pengoperasian Wattmeter saat dipergunakan untuk mengukur daya arus bolak balik tiga phase serta pembacaan pada penunjukannya.

Uraian Materi 4:

Untuk mengukur daya pada jaringan tiga fase dapat dilakukan yang akan diuraikan sebagai berikut :



Gambar 4: Mengukur daya tiga fase dengan satu wattmeter.

Pengukuran seperti gambar 4 diatas dilakukan untuk jaringan tiga fase beban simetri, daya masing-masing fase sama besar $P_1 = P_2 = P_3$ Besar daya yang diserap beban tiga fase pada gambar 4, dirumuskan sebagai $P = U \cdot I \cdot C$

Dalam pembacaannya menggunakan tabel yang tersedia pada Wattmeter sebagai berikut :

I	U	U*I*C = P			
		C1ph		C3ph	
		0...100	0...250	0....100	0....250
1A	100 V	1	–	2	–
	200 V	2	–	4	–
	500 V	5	–	10	–
5A	100 V	5	–	10	–
	200 V	10	–	20	–
	500 V	–	10	–	20
25A	100 V	–	10	–	20
	200 V	–	20	100	–
	500 V	–	50	–	100

Rangkuman 4:

Wattmeter merupakan instrumen pengukur daya listrik yang merupakan kombinasi voltmeter dan ampermeter. Dalam pengoperasiannya harus memperhatikan petunjuk yang tertuang pada manual book atau tabel yang tertera pada wattmeter. Demikian juga dalam hal pembacaannya harus mengacu pada manual book yang ada.

Pada pengukuran daya listrik beban arus bolak balik tiga phase di laksanakan dengan menggunakan 5 titik terminal I/O pada Wattmeter yaitu terminal I*, I, L1, L2, dan L3.

Perhitungan perlu dilakukan seperti yang tertera pada tabel yang tersedia di atas.

Tugas 4:

1. Sebutkan macam macam peralatan listrik dengan catu daya AC tiga phase ?

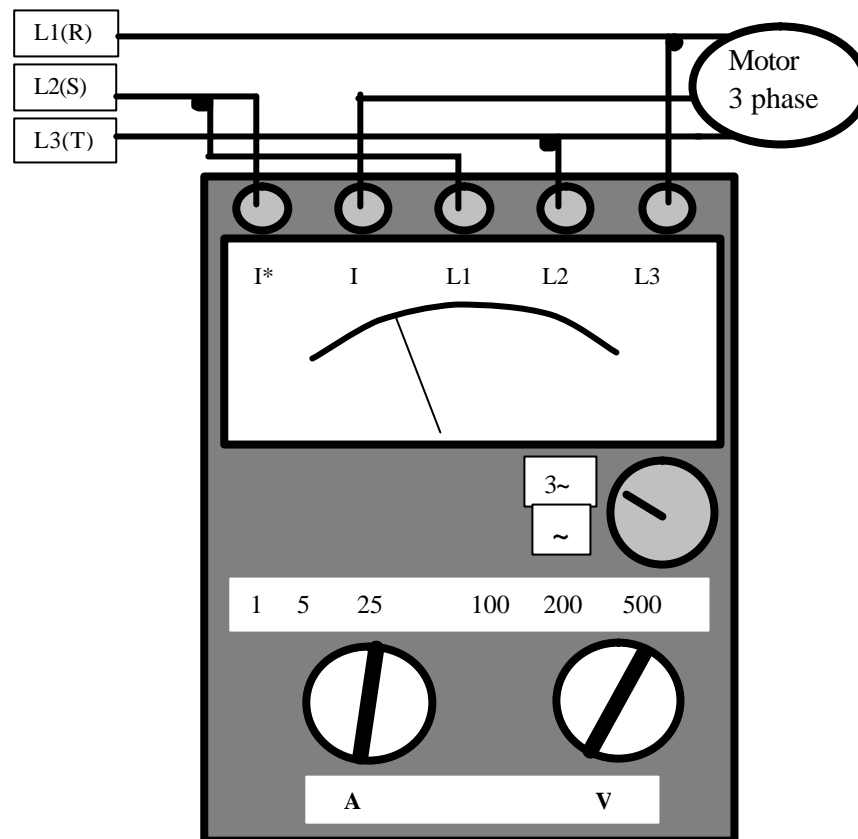
2. Sebutkan rumusan dari daya pada pengukuran daya listrik AC tiga phase secara teori dan secara pengukuran dengan Wattmeter ?
3. Sebutkan jumlah terminal input output pada Wattmeter pada pengukuran daya AC phase ?
4. Sebutkan range apa saja yang terdapat sebagai fungsi dari penggunaan dan pembacaan pada watt meter untuk mengukur daya AC tiga phase ?
5. Sebutkan macam macam elemen aktif penghasil tegangan AC tiga phase dan berikan contoh spesifikasi dari elemen aktif tersebut ?

Tes Formatif 4:

1. Saudara berikan contoh dari suatu elemen aktif sebagai catu daya AC tiga phase lengkap dengan spesifikasinya ?
2. Saudara gambarkan wattmeter pada suatu merk tertentu lengkap dengan switch pengatur yang dirangkai pada suatu peralatan AC tiga phase dan sistem catu dayanya?
3. Saudara rumuskan pembacaan dari Wattmeter tersebut di atas?
4. Mengapa pada rumusan daya sistem AC tiga phase terdapat dua rumusan ?

Kunci Jawaban Tes Formatif 4:

1. Contoh dari suatu elemen aktif sebagai catu daya AC tiga phase lengkap dengan spesifikasinya adalah; **Generator sinkron tiga phase ; Brushless**, daya output 30 KVA, tegangan 220/380 Volt, frekwensi 50 Hz, $\cos f = 0,8$.
2. Gambaran wattmeter lengkap dengan switch pengatur yang dirangkai pada suatu peralatan AC satu phase dan sistem catu dayanya dipergunakan Wattmeter merk Wattavi



3. Rumusan pembacaan dari Wattmeter tersebut di atas.

Dengan melihat pada tabel yang tersedia dimana A pada 5 A sedangkan V pada 500 V maka $C = 20$ misalkan pembacaan pada meter ukur di atas menunjuk pada angka 60 maka dapat diperoleh :

$$P = U \cdot I \cdot C$$

$$P = 60 \cdot 5 \cdot 20$$

$$P = 6000 \text{ Watt}$$

4. Rumusan daya sistem AC tiga phase terdapat dua rumusan:

rumusan pertama $P = 3 \cdot V \cdot I \cdot \cos f$

rumusan kedua $P = \sqrt{3} V \cdot I \cdot \cos f$

Kedua rumusan tersebut akan menghasilkan nilai yang sama tegangan (V) pada rumusan pertama merupakan tegangan phase – netral, sedangkan pada rumusan kedua tegangan (V) merupakan tegangan phase – phase, dimana tegangan phase – phase = $\sqrt{3}$ tegangan phase - netral

Lembar Kerja 4:

Alat dan Bahan

- | | |
|----------------------------|------------|
| 1. Wattmeter | 1 buah |
| 2. Saklar tiga phase | 1 buah |
| 3. Beban tiga phase | 1 buah |
| 5. Power suplay tiga phase | 1 buah |
| 6. Kabel penghubung | Secukupnya |

Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

1. Gunakanlah pakaian praktik.
2. Bacalah dengan seksama dan benar petunjuk praktikum.
3. Hati-hati dengan aliran arus listrik.
4. Tanyakan kepada instruktur hal-hal yang meragukan.

Langkah Kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Rangkai peralatan sesuai dengan gambar.
3. Hubungkan rangkai ke sumber tegangan.
4. Amati apabila penunjukan kedua Wattmeter,.

Tabel

Pengukuran			Perhitungan			Keterangan
U	I	C	P	Q	f	

BAB III

EVALUASI

Untuk mengetahui belajar siswa didik, perlu diadakan tes formatif, motorik maupun produk dari hasil belajar siswa. Dan untuk modul ini, dilakukan dengan memberikan soal tes sebagai berikut :

Soal evaluasi:

1. Jelaskan perbedaan rumusan daya pada sistem DC, AC satu phase dan AC tiga phase ?
2. Saudara gambarkan wattmeter pada suatu merk tertentu lengkap dengan switch pengatur ?
3. Saudara rumuskan pembacaan dari Wattmeter tersebut di atas
4. Jelaskan tentang segitiga daya?
5. Saudara berikan contoh dari suatu elemen aktif sebagai catu daya dc lengkap dengan spesifikasinya ?
6. Saudara gambarkan wattmeter pada suatu merk tertentu lengkap dengan switch pengatur yang dirangkai pada suatu peralatan DC dan sistem catu dayanya?
7. Saudara rumuskan pembacaan dari Wattmeter tersebut di atas
8. mengapa pada rumusan daya sistem DC tidak terdapat $\cos \phi$?
9. Saudara berikan contoh dari suatu elemen aktif sebagai catu daya AC satu phase lengkap dengan spesifikasinya ?
10. Saudara gambarkan wattmeter pada suatu merk tertentu lengkap dengan switch pengatur yang dirangkai pada suatu peralatan AC satu phase dan sistem catu dayanya?
11. Saudara rumuskan pembacaan dari Wattmeter tersebut di atas?
12. Mengapa pada rumusan daya sistem AC satu phase terdapat $\cos \phi$?
13. Saudara berikan contoh dari suatu elemen aktif sebagai catu daya AC tiga phase lengkap dengan spesifikasinya ?
14. Saudara gambarkan wattmeter pada suatu merk tertentu lengkap dengan switch pengatur yang dirangkai pada suatu peralatan AC tiga phase dan sistem catu dayanya?

15. Saudara rumuskan pembacaan dari Wattmeter tersebut di atas?
 16. Mengapa pada rumusan daya sistem AC tiga phase terdapat dua rumusan ?

Kunci Jawaban Soal Evaluasi:

1. Perbedaan rumusan daya pada sistem DC, AC satu phase dan AC tiga phase

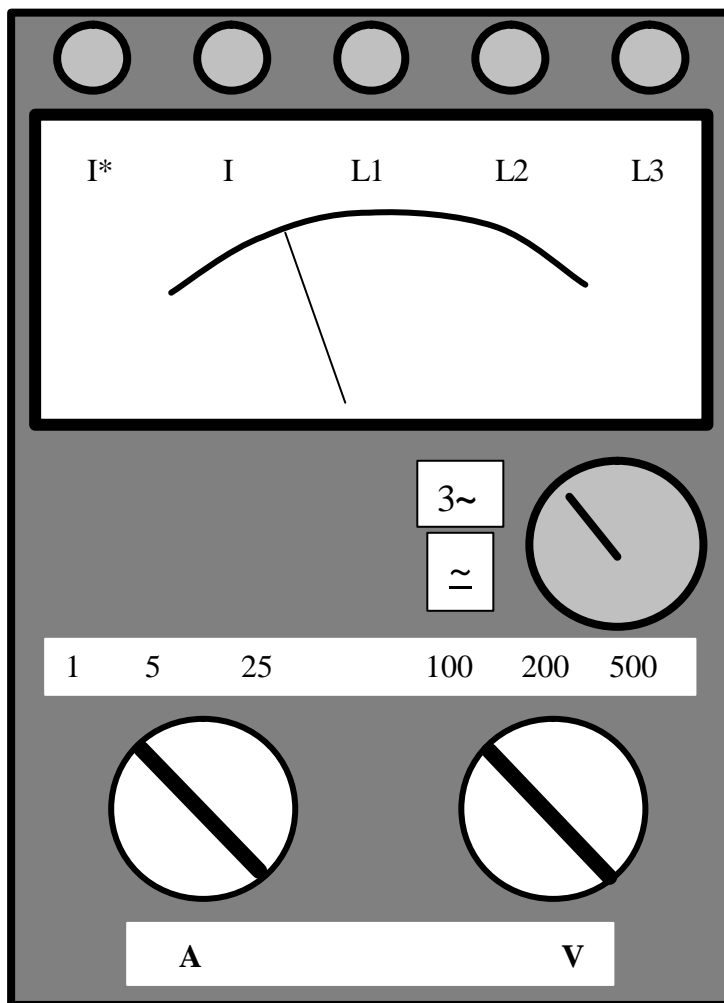
$$P_{dc} = V.I ; P_{1ph} = V.I. \cos f ; P_{3ph} = 3. V. I. \cos f$$

Dari ketiga rumusan tersebut maka terlihat bahwa pada :

Perumusan daya dc tidak terdapat faktor daya

Perumusan daya tiga phasa sama dengan tiga kali perumusan daya satu phase.

2. Gambar konstruksi wattmeter pada merk Wattavi lengkap dengan switch pengatur



Keterangan gambar:

- I* = arus masuk
- I = arus keluar
- L1 = phase R
- L2 = phase S
- L3 = phase T
- 3~ = penggunaan wattmeter untuk sistem 3 phase
- ~ = penggunaan wattmeter untuk 1 phase / untuk DC
- A = skala arus
- V = skala tegangan

3. Rumusan pembacaan dari Wattmeter tersebut di atas adalah sebagai berikut: Dengan melihat tabel yang terlihat pada peralatan.

I	U	U*I*C = P			
		C1ph		C3ph	
		0...100	0...250	0...100	0...250
1A	100 V	1	–	2	–
	200 V	2	–	4	–
	500 V	5	–	10	–
5A	100 V	5	–	10	–
	200 V	10	–	20	–
	500 V	–	10	–	20
25A	100 V	–	10	–	20
	200 V	–	20	100	–
	500 V	–	50	–	100

Sebagai contoh: pada pengukuran beban 1 phase switch arus (I) pada posisi angka 1 selanjutnya switch tegangan (V) pada posisi 100 maka C = 1 (sesuai tabel di atas), selanjutnya apabila jarum menunjukkan angka 40 maka pembacaan daya dirumuskan sebagai berikut:

$$P = U.I.C$$

$$P = 40. 1. 1$$

$$P = 40 \text{ watt}$$

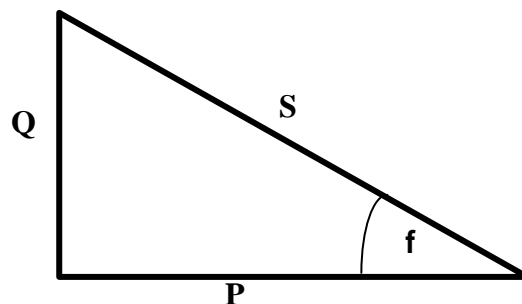
4. Segitiga daya dapat digambarkan sebagai berikut :

$$S = \text{daya buta} = V \cdot I$$

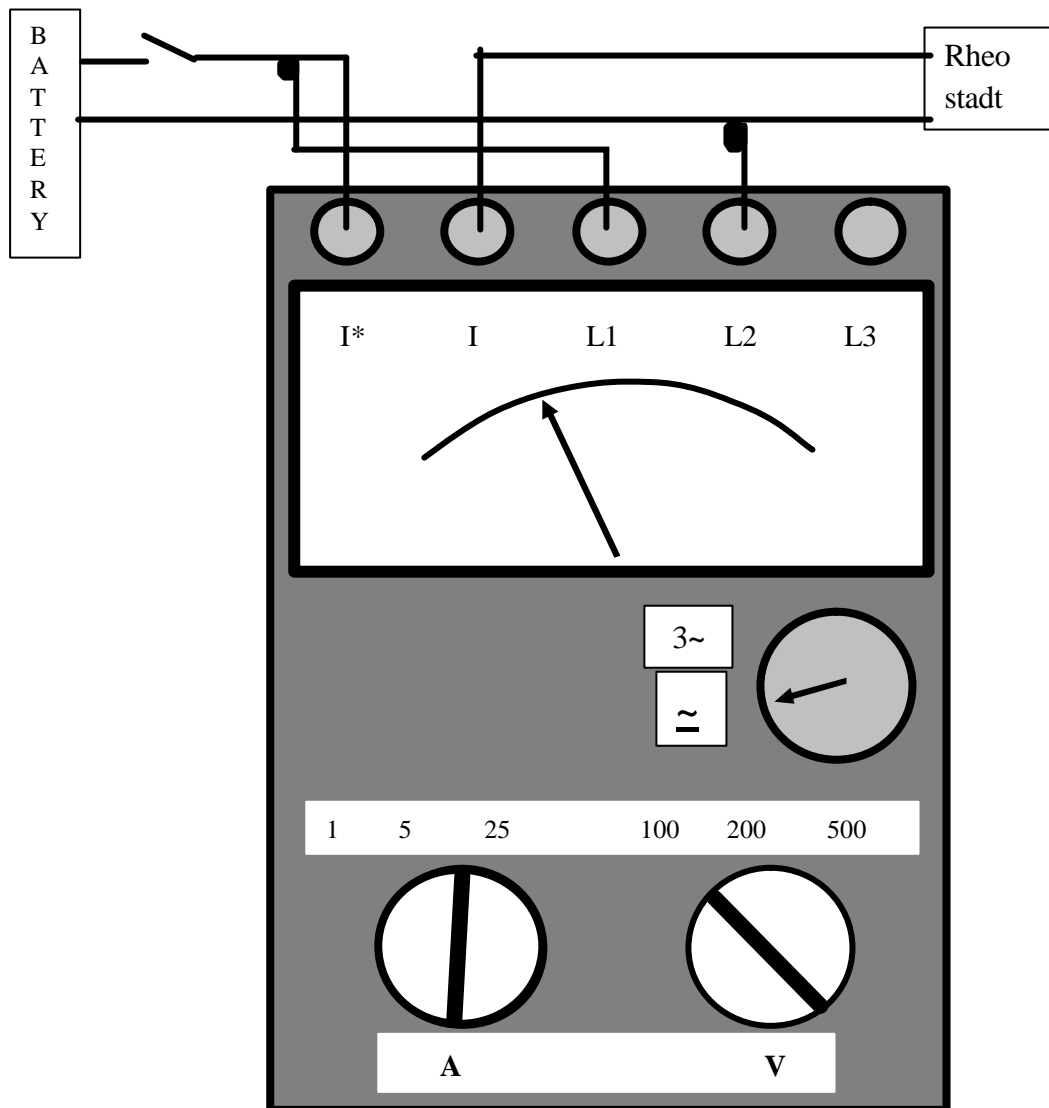
$$P = \text{daya nyata (riil)} = V \cdot I \cdot \cos f$$

$$Q = \text{daya maya (imaginer)} = V \cdot I \cdot \sin f$$

Selanjutnya dapat digambarkan dalam segitiga daya



5. Contoh dari suatu elemen aktif sebagai catu daya dc lengkap dengan spesifikasinya: Accumulator, 12 Volt, 60 AH; Generator DC Seri, 12 Volt, 500 Watt
6. Gambar konstruksi wattmeter pada merk Wattavi lengkap dengan switch pengatur yang terangkai dengan suatu beban DC dan sistem catu daya DC



7. Rumusan pembacaan dari Wattmeter tersebut di atas adalah sebagai berikut:

Dengan melihat tabel yang terlihat pada peralatan.

I	U	U*I*C = P			
		C1ph		C3ph	
		0...100	0...250	0....100	0....250
1A	100 V	1	–	2	–
	200 V	2	–	4	–
	500 V	5	–	10	–
5A	100 V	5	–	10	–
	200 V	10	–	20	–
	500 V	–	10	–	20
25A	100 V	–	10	–	20
	200 V	–	20	100	–
	500 V	–	50	–	100

Sebagai contoh : pada pengukuran beban 1 phase switch arus (I) pada posisi angka 5 selanjutnya switch tegangan (V) pada posisi 100 maka C = 1 (sesuai tabel di atas), selanjutnya apabila jarum menunjukkan angka 40 maka pembacaan daya dirumuskan sebagai berikut :

$$P = U.I.C$$

$$P = 40. 5. 5$$

$$P = 1000 \text{ watt}$$

8. Rumusan daya sistem DC tidak terdapat $\cos \phi$ dikarenakan sudut yang dibentuk antara tegangan dan arus (ϕ) sama dengan nol artinya tegangan dan arus arahnya berimpit sehingga :

$$P = V . I . \cos \phi$$

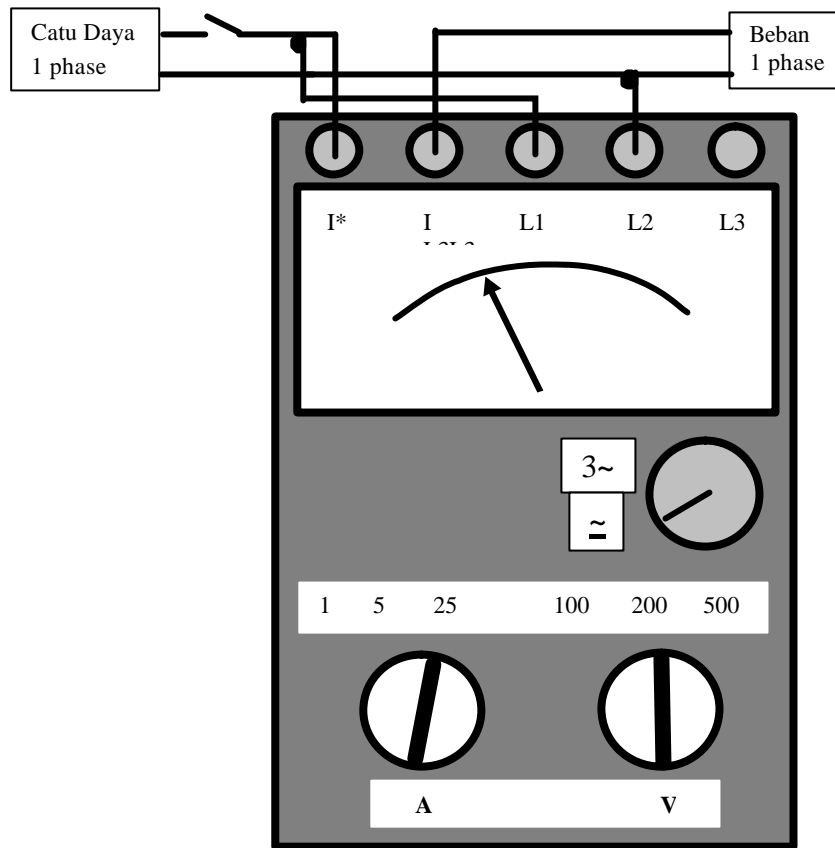
$$P = V . I . 1$$

$$P = V.I$$

9. Contoh dari suatu elemen aktif sebagai catu daya AC satu phase lengkap dengan spesifikasinya

Generator sinkron satu phase ; daya output 3 KVA, tegangan 220 Volt, frekwensi 50 Hz, $\cos \phi = 0,8$.

10. Gambaran wattmeter lengkap dengan switch pengatur yang dirangkai pada suatu peralatan AC satu phase dan sistem catu dayanya dipergunakan Wattmeter merk Wattavi produksi HB Elima (lihat gambar pada halaman berikutnya).



11. Rumusan pembacaan dari Wattmeter tersebut di atas.

Dengan melihat pada tabel yang tersedia dimana A pada 5 A sedangkan V pada 200 V maka $C = 10$ misalkan pembacaan pada meter ukur di atas menunjuk pada angka 60 maka dapat diperoleh :

$$P = U.I.C$$

$$P = 60 . 5 . 10$$

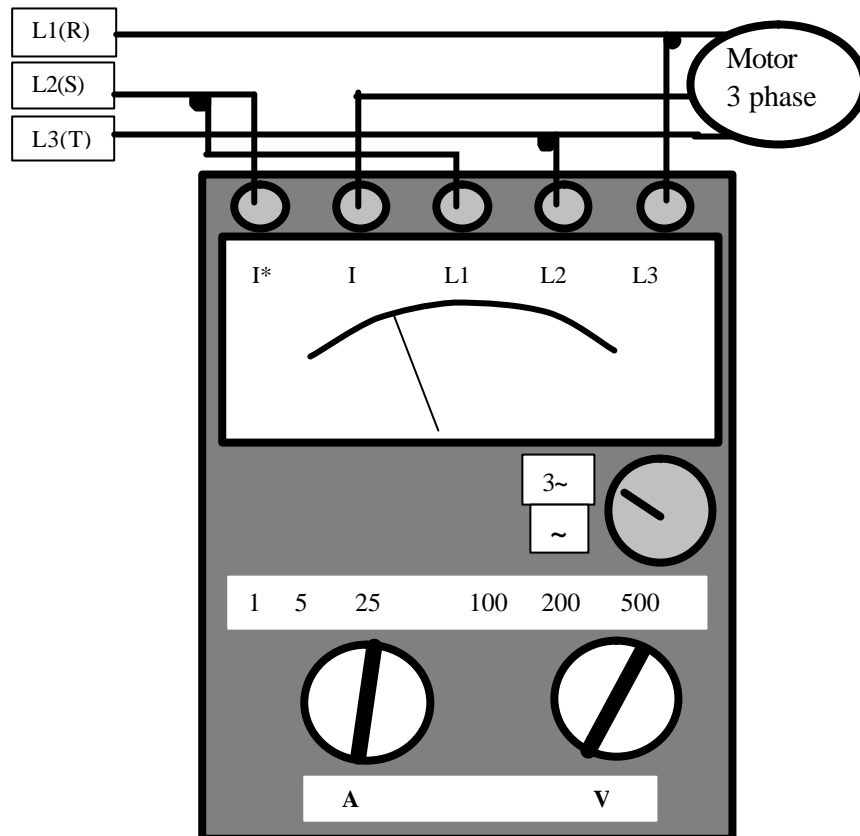
$$P = 3000 \text{ Watt}$$

12. Rumusan daya sistem AC satu phase terdapat $\cos f$

Karena pada sistem catu daya satu phase terdapat frekwensi, hal ini mengakibatkan timbulnya beban reaktif sehingga beban merupakan nilai yang kompleks. Akibat beban yang bernilai kompleks maka arus (I) yang mengalir akan mempunyai perbedaan sudut phase dengan tegangan supply sudut yang dibentuk sama dengan f . Adapun adanya $\cos f$ dimaksudkan bahwa daya tersebut merupakan daya yang riil (nyata).

13. Contoh dari suatu elemen aktif sebagai catu daya AC satu phase lengkap dengan spesifikasinya adalah Generator sinkron tiga phase ; Brushless, daya output 30 KVA, tegangan 220/380 Volt, frekwensi 50 Hz, $\cos f = 0,8$.

14. Gambaran wattmeter lengkap dengan switch pengatur yang dirangkai pada suatu peralatan AC satu phase dan sistem catu dayanya dipergunakan Wattmeter merk Wattavi.



15. Rumusan pembacaan dari Wattmeter tersebut di atas.

Dengan melihat pada tabel yang tersedia dimana A pada 5 A sedangkan V pada 500 V maka $C = 20$ misalkan pembacaan pada meter ukur di atas menunjuk pada angka 60 maka dapat diperoleh :

$$P = U \cdot I \cdot C$$

$$P = 60 \cdot 5 \cdot 20$$

$$P = 6000 \text{ Watt}$$

16. Rumusan daya sistem AC tiga phase terdapat dua rumusan

$$\text{rumusan pertama } P = 3 \cdot V \cdot I \cdot \cos f$$

$$\text{rumusan kedua } P = \sqrt{3} V \cdot I \cdot \cos f$$

Kedua rumusan tersebut akan menghasilkan nilai yang sama tegangan (V) pada rumusan pertama merupakan tegangan phase – netral, sedangkan pada rumusan kedua tegangan (V) merupakan tegangan phase – phase, dimana tegangan phase – phase = $\sqrt{3}$ tegangan phase – netral.

BAB IV

P E N U T U P

Modul ini disusun untuk menghasilkan satu tahap kompetensi kerja yang dikukuhkan dengan suatu sertifikat.

Sertifikat yang merupakan bukti hasil pembelajaran modul ini dapat diperoleh dari asosiasi melalui lembaga pendidikan resmi dan sah menurut hukum seperti Sekolah Menengah Kejuruan dan yang sejenisnya.

Selanjutnya apabila peserta didik atau peserta didik berkehendak atau berminat untuk mempelajari jenjang atau modul berikutnya, sebaiknya sesuai bidang dan nomor kode modul lanjutannya sesuai dengan urutan modul yang tercantum dalam peta kedudukan modul.

DAFTAR PUSTAKA

Eugene Lister, ***Mesin dan Rangkaian Listrik***, edisi enam, Erlangga 1993.

TEDC Bandung, ***Instalasi Listrik***. 1995.

J.A Wilson, ***Electrical Circuits***, Schaums Series.

DR. Soedjana Sapii – DR, Osamu Nishano, ***Pengukuran dan Alat-alat Ukur Listrik***.

Wattavi, manual book