

MODUL PRAKTIKUM
PENGUKURAN BESARAN LISTRIK



LABORATORIUM TEGANGAN TINGGI DAN PENGUKURAN LISTRIK

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS INDONESIA

DEPOK

2010

MODUL I

PENGUKURAN DAYA SATU FASA

I. TUJUAN

Mengukur daya arus bolak-balik dengan bermacam-macam jenis beban.

II. DASAR TEORI

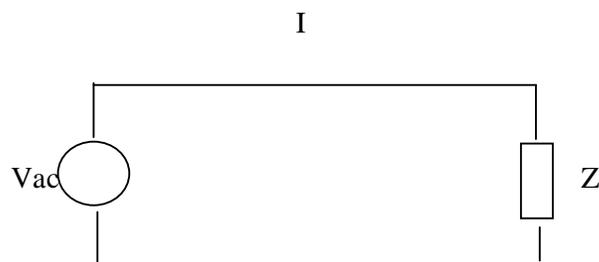
Suatu beban yang dicatu oleh suatu sumber tegangan AC, sehingga tegangan beban V dan arus yang mengalir pada beban I , maka daya yang terjadi pada beban Z adalah :

$$\begin{aligned} S &= V \times I \\ &= P + jQ \end{aligned}$$

Dimana : S dalam VA

P dalam Watt

Q dalam VAR



Impedansi Z dalam hal ini dapat terdiri dari berbagai jenis beban resistif, induktif, kapasitif ataupun kombinasi dari ketiga jenis beban sehingga sebuah impedansi Z yang memiliki karakteristik gabungan dari karakteristik berbagai jenis beban yang menyusunnya.

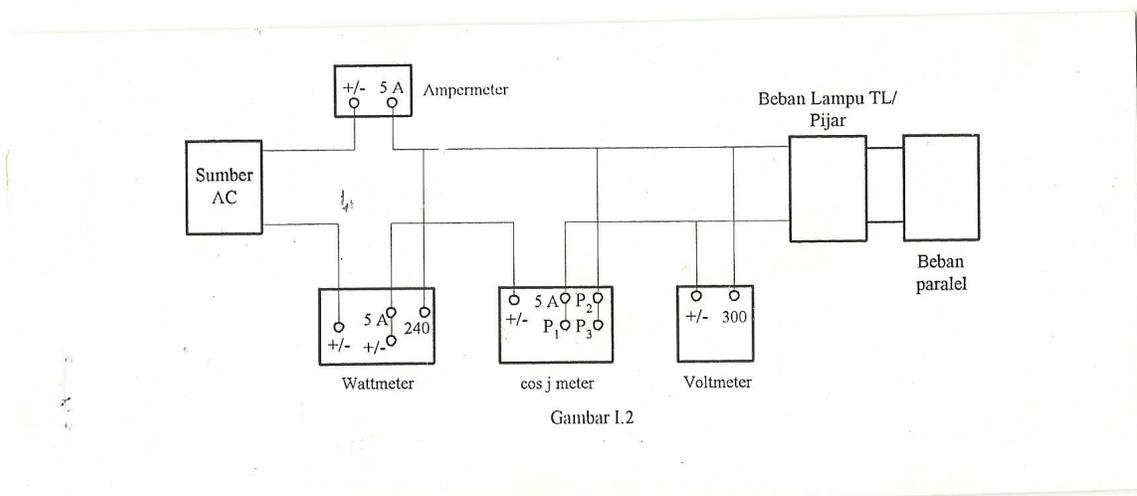
Apa yang dimaksud dengan karakteristik beban adalah jenis daya yang diserapnya, sifat arus dan tegangannya yang bila digabungkan dengan jenis beban yang berbeda dapat terbentuk karakteristik yang lebih baik maupun lebih buruk (jika dilihat dari sudut pandang yang berbeda-beda).

Semua dasar teori ini hanya menyinggung kulit dari masalah yang akan dibahas pada praktikum, diharapkan praktikan mencari tau dan mempelajari mengenai segala hal yang telah disebutkan diatas dari berbagai referensi yang anda miliki demi kelancaran proses praktikum.

III. PERALATAN PRAKTIKUM

- Ampermeter AC 1 – 5 A [A]
- Voltmeter AC 0 – 600 V [V]
- Wattmeter [W]
- Cos phi meter
- Sumber tegangan AC 220 V
- Kabel – kabel penghubung

IV. RANGKAIAN PERCOBAAN



V. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Susunlah rangkaian percobaan seperti digambar
2. Pasang kombinasi beban menggunakan set beban
3. Masukkan saklar S sumber AC
4. Ukur dan catat besar V, I, P dan pf

VI. PERTANYAAN DAN TUGAS

1. Hitung daya dari masing-masing beban dari data ampermeter, voltmeter serta cos phi meter? kemudian bandingkan dengan data yang dihasilkan pada pembacaan Wattmeter?
2. Hitung besar kesalahan dari alat ukur ? ($e = M - T$)
Dimana :
 - o M adalah harga yang didapatkan dari pengukuran
 - o T adalah harga sebenarnya
 - o e adalah kesalahan dari alat ukur
3. Hitung impedansi lampu TL dan pijar ?
4. Apa pengaruh dari perubahan kapasitansi dan induktansi terhadap *power factor* ?
5. Plot cos phi vs I untuk masing – masing beban ?
6. Jelaskan prinsip kerja Wattmeter 1 dan 3 fasa?
7. Bagaimanakah cos phi yang diinginkan para pelanggan PLN (rumah tangga dan industri) dan cos phi yang diinginkan PLN ?
8. Bagaimanakah cara untuk mencapai optimasi antara masing – masing pihak tersebut diatas ?
9. Terangkan apa yang anda ketahui tentang kapasitor bank ?
10. Terangkan apa yang dimaksud dengan daya reaktif ?
11. Buat kesimpulan dari percobaan ini ?

MODUL II

PENGUKURAN ARUS, TEGANGAN, DAN IMPEDANSI

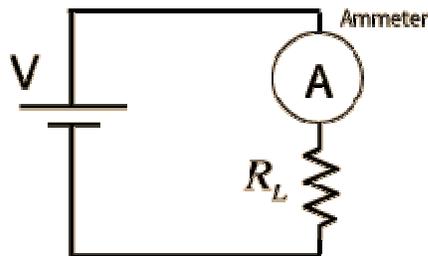
I. TUJUAN

- Mengukur nilai suatu tahanan dengan menggunakan suatu tahanan standar
- Mengetahui prinsip pengukuran nilai arus dan tegangan suatu sistem
- Mengetahui prinsip pengukuran nilai kapasitansi dan induktansi suatu sistem

II. DASAR TEORI

- Pengukuran Arus

Besarnya arus listrik diukur dengan satuan banyaknya elektron per detik, namun demikian ini bukan satuan yang praktis karena harganya terlalu kecil. Satuan yang dipakai adalah ampere. Untuk mengukur arus listrik, digunakan *Amperemeter* yang dipasang secara seri dengan rangkaian yang diukur.



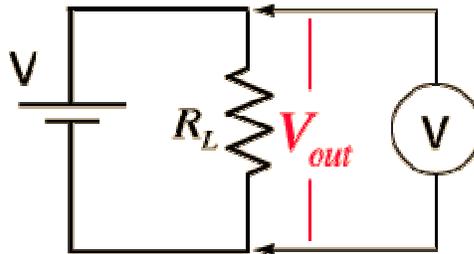
Amperemeter yang ideal seharusnya tidak akan mempengaruhi rangkaian, atau dengan kata lain diusahakan tidak memiliki hambatan dalam, tetapi faktanya amperemeter yang banyak digunakan memiliki hambatan dalam, oleh karena itu akan memberikan nilai error pengukuran.

Amperemeter bekerja sesuai dengan prinsip gaya magnetis (gaya lorentz). Arus yang mengalir pada kumparan yang selimuti medan magnet akan menimbulkan gaya lorentz yang dapat menggerakkan jarum amperemeter. Semakin besar arus yang mengalir maka semakin besar pula simpangannya.

Selain amperemeter, kita bisa mengukur arus tanpa harus memotong kabel pada saat arus listrik mengalir, yaitu dengan clampmeter. Penggunaan alat ini sangat praktis yaitu dengan melingkari kabel berarus dengan ujung clamp yang berbentuk seperti “capit kerang”

Pengukuran Tegangan

Perbedaan potensial antara 2 titik adalah 1 volt jika dilakukan kerja sebesar 1 joule untuk memindahkan satu muatan sebesar 1 C dari satu titik ke titik lainnya. Voltmeter adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengukur tegangan listrik, yang dipasang secara paralel dengan rangkaian yang diukur



Berbeda dengan amperemeter, untuk mendapatkan eror pengukuran yang kecil, hambatan dalam voltmeter diusahakan besar sekali dibandingkan hambatan rangkaian, sehingga hanya arus yang sangat kecil sekali yang mengalir pada voltmeter atau dapat diabaikan ($i_v \gg i_A$)

Gaya magnetik akan timbul dari interaksi antar medan magnet dan kuat arus. Gaya magnetic tersebut akan mampu membuat jarum alat pengukur voltmeter bergerak saat ada arus listrik. Semakin besar arus listrik yang mengalir maka semakin besar penyimpangan jarum yang terjadi

Pengukuran Impedansi

a. Resistansi

adalah suatu komponen elektronik yang memberikan hambatan terhadap perpindahan elektron (muatan negatif). Satuan resistansi dari suatu resistor disebut Ohm.

Untuk pengukuran tidak langsung kita bisa menggunakan amperemeter dan voltmeter, setelah kita dapatkan besarnya tegangan dan arus pada rangkaian, kita bisa menghitung hambatan :

$$R_L = \frac{V}{I}$$

Namun akan terjadi error yang cukup besar jika kita menggunakan dua alat ukur, oleh karena itu kita gunakan ohmmeter untuk mengukur hambatan.

Berbeda dengan amperemeter dan voltmeter, pada pengukuran resistansi ini, rangkaian tidak dihubungkan dengan sumber, atau dengan kata lain tanpa ada arus yang mengalir, yaitu dengan menghubungkan kutub kutub pada rangkaian yang diukur dengan kutub ohmmeter

Cara kerja Ohmmeter yaitu dengan menggunakan tegangan yang besarnya tetap yang berasal dari baterai dan dipasang secara seri dengan dua buah hambatan. Salah satu hambatan yang dipasang besarnya diketahui dan yang lainnya merupakan hambatan Rx yang diukur besarnya

b. Induktansi

adalah komponen elektronik pasif yang dapat menghasilkan tegangan listrik berbanding lurus dengan perubahan sesaat dari arus listrik yang mengalir melaluinya. Untuk menghitung besarnya induktansi, disini digunakan metode amperemeter-voltmeter. Caranya dengan menghitung besarnya arus dan tegangan pada rangkaian yang didalamnya terdapat sumber dan beban (resistor dan induktor). Dari arus dan tegangan kita mendapatkan nilai impedansi dan dari daya kita dapatkan nilai hambatan lilitan (coil)

tetapi cara ini akan didapat error yang cukup besar karena menggunakan beberapa alat ukur, kita bisa menggunakan LCRmeter untuk menghitung induktansi dari rangkaian secara langsung. Cara penggunaannya mirip dengan ohmmeter yaitu dengan menghubungkan kutub kutub/ ujung ujung rangkaian dengan kutub kutub LCRmeter. Selain dapat menghitung

induktansi, LCRmeter juga dapat digunakan untuk menghitung hambatan dan kapasitansi sebuah rangkaian

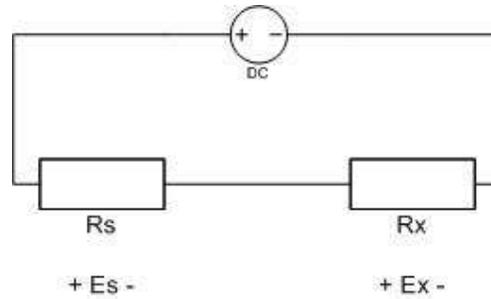
c. **Kapasitansi**

adalah komponen elektronika yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik, dan secara sederhana terdiri dari dua konduktor yang dipisahkan oleh bahan penyekat (bahan dielektrik) tiap konduktor di sebut keping. untuk menghitung besarnya kapasitansi, disini digunakan metode amperemeter-voltmeter, dengan cara yang sama seperti pada perhitungan induktansi.

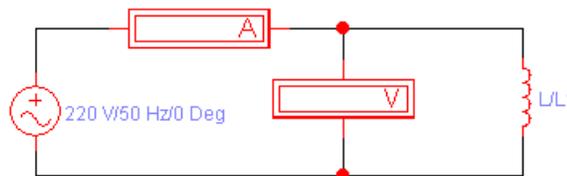
Seperti pada pengukuran induktansi, dalam pengukuran kapasitansi juga, dapat digunakan LCRmeter untuk menghitung kapasitansi secara langsung.

III. PEARALATAN PERCOBAAN

- a. Pengukuran arus, tegangan, dan tahanan
 - 1 sumber arus DC
 - 1 tahanan standard [Rs]
 - 1 tahanan [Rx]
 - 2 voltmeter DC [Ex, Es]
 - kabel
- b. Pengukuran induktansi dan kapasitansi
 - 1 sumber arus AC
 - 1 tahanan
 - 1 kapasitor
 - 1 induktor
 - 1 amperemeter AC
 - 1 voltmeter AC
 - 1 wattmeter AC
 - Kabel

IV. PROSEDUR PERCOBAAN**a. Pengukuran arus, tegangan, dan tahanan**

- Rangkai peralatan seperti pada gambar
- Atur sumber arus DC naik secara bertahap sesuai dengan tabel pengukuran
- Catat tegangan pada Ex dan Es

b. Pengukuran induktansi dan kapasitansi

- Rangkai peralatan seperti pada gambar
- Atur sumber arus AC naik secara bertahap sesuai dengan tabel pengukuran
- Catat nilai pada amperemeter dan voltmeter
- Ulangi percobaan dengan mengganti induktor dengan kapasitor

V. TUGAS DAN PERTANYAAN**a. Pengukuran arus, tegangan, dan tahanan**

- Carilah nilai Rx
- Carilah % kesalahan pengukuran
- Sebutkan terjadinya kesalahan pengukuran

b. Pengukuran induktansi dan kapasitansi

- Cari nilai L dan C
- Carilah % kesalahan pengukuran
- Sebutkan terjadinya kesalahan pengukuran

MODUL III

PENGUKURAN MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNET

I. TUJUAN

1. Mengetahui besarnya medan elektomagnetik pada suatu tempat
2. Mengetahui besarnya medan magnet pada suatu kawat berarus
3. Mempelajari NAB (Nilai Ambang Batas) dari medan listrik dan medan magnet sesuai dengan SNI

II. DASAR TEORI

Medan listrik merupakan efek yang ditimbulkan oleh keberadaan muatan listrik, seperti elektron, ion, atau proton, dalam ruangan yang di sekitarnya. Medan listrik memiliki satuan N/C atau dibaca newton/coulomb. Medan listrik dikatakan pada ruang yang dipengaruhi; dan kuat medan listrik pada setiap titik adalah besaran vektor yang sama dengan gaya per unit muatan positif yang terletak pada titik itu. Kuat medan listrik dinamakan intensitas medan listrik. selanjutnya, akan dilihat pengaruh jarak terhadap besarnya intensitas medan listrik.

$$E = V / r$$

Medan Magnet adalah suatu medan yang dibentuk dengan menggerakkan muatan listrik (arus listrik) yang menyebabkan munculnya gaya di muatan listrik yang bergerak lainnya. Medan magnet dapat ditimbulkan oleh sebuah konduktor yang dialiri arus atau adanya muatan listrik yang bergerak. Arah medan magnet pada konduktor berarus ini mengikuti kaidah tangan kanan. Perhitungan medan magnet dapat dilakukan dengan menggunakan hukum Ampere dan Biot-Savart.

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id \mathbf{s} \times \mathbf{r}}{r^2}$$

Hukum Biot-Savart

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I$$

Hukum Ampere

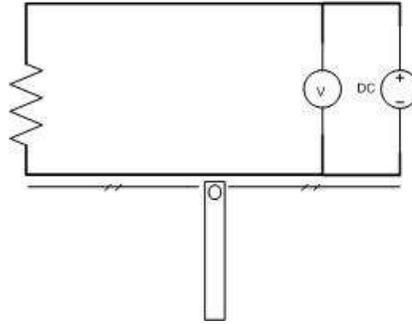
Medan listrik dan medan magnet sudah ada sejak bumi kita ini terbentuk. Awan yang mengandung potensial air, terdapat medan listrik yang besarnya antara 3000 - 30.000 V/m. Demikian juga bumi secara alamiah bermedan listrik (100 - 500 V/m) dan bermedan magnet (0,004 - 0,007 mT). Di dalam rumah, di tempat kerja, di kantor atau di bengkel terdapat medan listrik dan medan magnet buatan. Medan listrik dan medan magnet ini biasanya berasal dari instalasi dan peralatan listrik antara lain berasal dari : sistem instalasi dalam rumah, lemari pendingin, AC, kipas angin, pompa air, televisi, mesin tik elektronik, mesin photocopy, komputer dan printer, mesin las, kompresor, saluran udara tegangan rendah/menengah (SUTR/M) yang berdekatan, dan lain-lain. Pada sistem instalasi yang bertegangan dan berarus selalu timbul medan listrik. Tetapi medan listrik ini sudah melemah karena jaraknya cukup jauh dari sumber.

III. PERALATAN PERCOBAAN

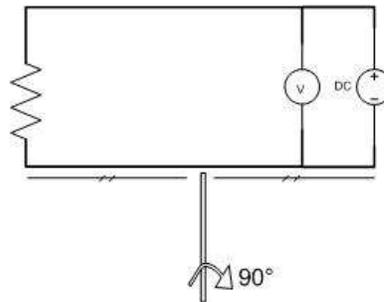
- AC Field Meter
- Hirst Gaussmeter GM04
- Catu daya
- Variabel resistor
- Clamp meter

IV. RANGKAIAN PERCOBAAN

1. Set nol gaussmeter.
2. Rangkai percobaan seperti gambar berikut



3. Letakkan *probe* gaussmeter tepat ditengah kabel seperti gambar di atas
4. Catat besar medan magnet pada tempat tersebut dengan variasi arus
5. Putar probe 90° seperti gambar dibawah



6. Catat besar medan magnet pada tempat tersebut dengan variasi arus
7. Lakukan seperti no. 1 – 5 dengan variasi jarak.
8. Catat besar arus yang mengalir pada kawat R, S, dan T pada panel.
9. Catat besar medan magnet pada masing-masing kawat
10. Catat juga medan magnet dengan posisi probe seperti no. 4.

V. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Mengukur besarnya medan listrik pada objek yang ditentukan
2. Mengukur besarnya medan magnet pada objek yang ditentukan
3. Membandingkan hasil pengukuran dengan standar atau aturan yang berlaku

VI. PERTANYAAN DAN TUGAS

- 1) Cara kerja dan rangkaian dalam dari AC Fieldmeter
- 2) NAB berdasarkan yang direkomendasikan oleh IRPA(International Radiation Protection Association)
- 3) NAB berdasarkan yang direkomendasikan oleh WHO
- 4) Jelaskan ttg Radiasi dan Induksi Elektromagnet
- 5) Terangkan mengenai Magnetic circuit dan Electric Circuit !! Analogikan keduanya jika bisa dianalogikan
- 6) Mengapa Induktor dikatakan menyimpan medan magnet? Jelaskan secara teoritis dan matematis
- 7) Mengapa Kapasitor dikatakan menyimpan medan Listrik? Jelaskan secara teoritis dan matematis
- 8) Jelaskan tentang hukum Gauss!
- 9) Jelaskan mengapa saat probe diputar 90° terjadi perbedaan medan magnet yang cukup signifikan!
- 10) Jelaskan tentang efek Hall!

MODUL IV

PENGUKURAN TAHANAN PENTANAHAN

I. TUJUAN

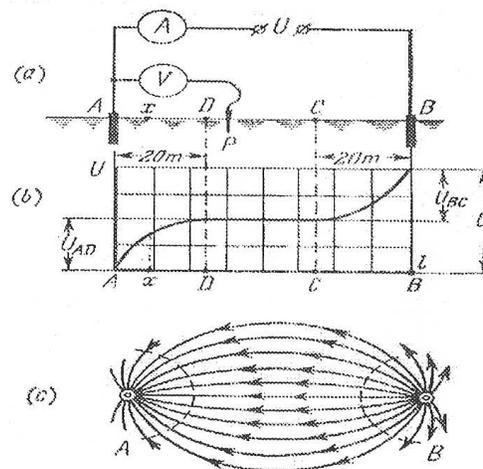
- Mengetahui besarnya tahanan pentanahan pada suatu tempat
- Mempelajari dan memahami fungsi dan kegunaan dari pengukuran tahanan pentanahan dan aplikasinya sehari hari

II. DASAR TEORI

Pentanahan atau pembumian adalah hubungan listrik yang sengaja dilakukan dari beberapa bagian instalasi listrik ke sistem pentanahan. Kawat pentanahan digunakan untuk menghubungkan bagian yang diketanahkan dari suatu instalasi dengan elektroda pentanahan

Tahanan pentanahan dari suatu system pentanahan ditentukan oleh jumlah tahanan dari elektroda pentanahan ke bumi dan kawat penghantar.

Tahanan tanah dari sebuah elektroda pentanahan ditentukan oleh ratio dari potensial elektroda terhadap arus yang lewat melalui elektroda tersebut ke bumi.



Gambar 1. a) Cara pengukuran tahanan pentanahan. b) Distribusi potensial dari permukaan tanah sepanjang garis elektroda pentanahan A dan B. c) Penyebaran medan antara dua potensial.

III. PERALATAN PERCOBAAN

- 1 buah Earth Tester Model 4102 Kyoritsu
- Kabel-kabel penghubung
- Paku pentanahan

IV. RANGKAIAN PERCOBAAN

Lihat pada petunjuk pemasangan alat di Earth Model 4102 Kyoritsu atau sesuai dengan petunjuk asisten

V. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Pasang Earth Tester sesuai dengan gambar pada petunjuk pemasangan alat atau sesuai petunjuk asisten pada kawat pentanahan yang ingin diukur tahanan pentanahannya
2. Laksanakan prosedur pengujian yang ada pada petunjuk penggunaan alat atau sesuai dengan petunjuk dari asisten
3. Catat hasil pengukuran yang didapat pada lembar data percobaan yang disediakan
4. Ulangi langkah 1 dan 2 untuk kawat pentanahan pada tempat yang berbeda

VI. PERTANYAAN DAN TUGAS

1. Jelaskan fenomena terjadinya petir!(teori dan gambar)
2. Jelaskan macam-macam system (bukan jenis) pentanahan dan cara kerjanya yang banyak digunakan pada bangunan-bangunan!
3. Apa yang dimaksud dengan tegangan langkah dan tegangan sentuh!

MODUL V

PENGUKURAN POWER QUALITY (KUALITAS DAYA) 1 FASA

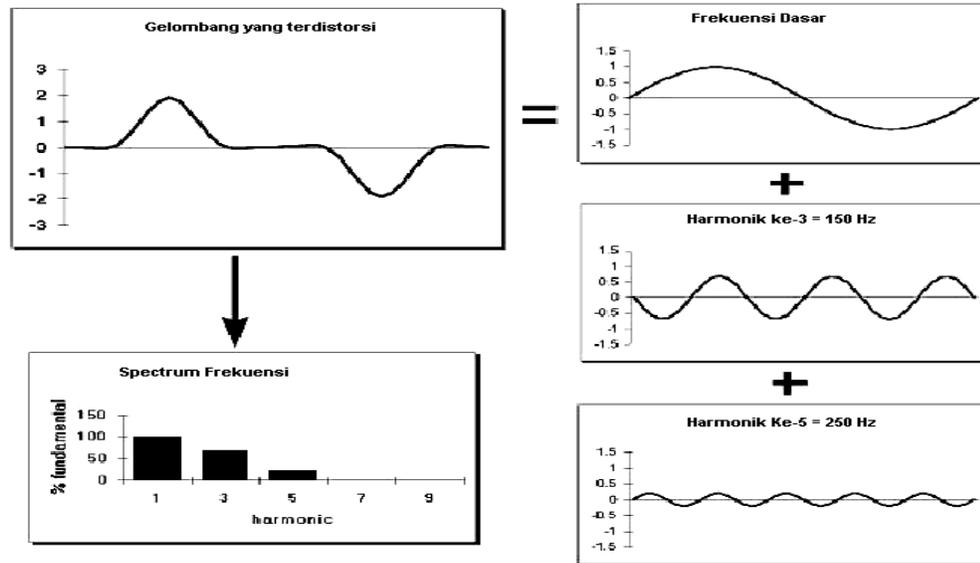
VII. TUJUAN

- Mengetahui faktor – faktor kualitas daya pada pengukuran listrik
- Mengetahui pengukuran harmonis, PF, Watt, VAR, dan VA pada beban 1 fasa
- Mengetahui faktor – faktor yang mempengaruhi kualitas daya

VIII. TEORI

Kualitas daya listrik memiliki tiga parameter penting yaitu tegangan, arus, dan frekuensi listrik. Segala penyimpangan nilai tegangan, arus, dan frekuensi listrik dapat memperburuk kualitas daya listrik yang dihantarkan. Buruknya kualitas daya listrik dapat menyebabkan kegagalan atau salah operasi beban listrik pada konsumen.

Salah satu masalah kualitas daya listrik yang berasal dari beban listrik konsumen adalah adanya distorsi harmonik. Pada dasarnya, Harmonik adalah gejala pembentukan gelombang sinusoidal dengan frekuensi yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Bila terjadi superposisi antara gelombang frekuensi dasar dengan gelombang frekuensi harmonik maka terbentuklah gelombang yang terdistorsi sehingga bentuk gelombang tidak lagi sinusoidal. Fenomena ini disebut dengan distorsi harmonik. Pembentukan gelombang non-sinusoidal hasil distorsi harmonik dapat dilihat pada gambar berikut. :



Penjumlahan gelombang-gelombang sinusoidal tersebut menjadi gelombang non-sinusoidal dapat dianalisis menggunakan konsep deret fourier, dapat didefinisikan dengan persamaan berikut [1]:

$$Y(t) = Y_0 + \sum_{n=1}^{n=\infty} Y_n \sqrt{2} \sin(n 2 \pi f t - \varphi_n)$$

Keterangan:

- Y_0 = amplitudo dari komponen DC dimana biasanya dalam jaringan distribusi bernilai nol
- Y_n = nilai rms dari harmonik komponen ke- n
- f = frekuensi dasar (50 Hz)
- φ_n = sudut fasa dari komponen harmonik ke- n

Selain unsur gangguan harmonis, kualitas daya listrik juga ditentukan oleh beberapa komponen lainnya, yaitu faktor daya. Faktor daya merupakan pergeseran fasa antara tegangan dan arus, didapat dari hasil perkalian bilangan kompleksnya. Faktor daya dapat bersifat leading dan lagging.

Faktor daya bersifat lead (mendahului) umumnya disebabkan oleh beban-beban yang bersifat kapasitif, sedangkan faktor daya bersifat lag (tertinggal) disebabkan oleh beban-beban yang bersifat induktif.

Faktor daya yang rendah dapat menimbulkan efek-efek yang merugikan, seperti memperbesar rugi-rugi saluran, Pemborosan kapasitas sistem (KVA). Mengurangi efisiensi sistem (KW).

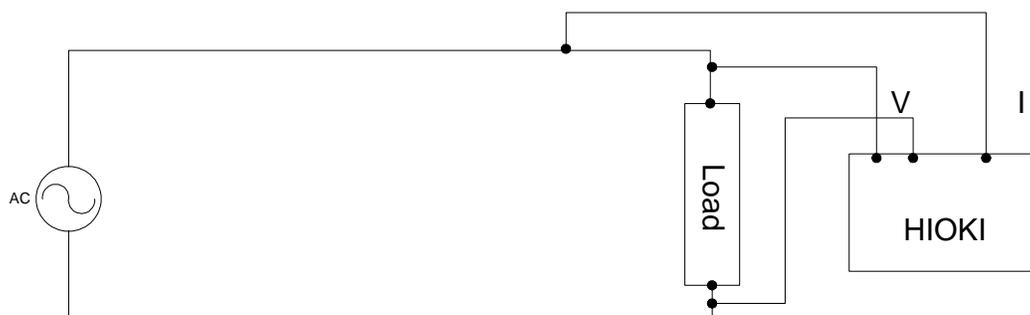
IX. PERALATAN PERCOBAAN

- 1 set Power Quality Analyzer Hioki 3169-02



- Beban 1 Fasa (R, L, C) & peralatan yang mengandung harmonik
- Konektor (kabel penghubung)

X. RANGKAIAN PERCOBAAN



Gambar I

XI. PROSEDUR PERCOBAAN

A. Percobaan Pengukuran Daya

5. Rangkai Power Quality Analyzer Hioki 3169-02 untuk pengukuran 1 fasa..
6. Pasang beban yang akan diukur.(sesuaikan dengan lembar data percobaan)
7. Hubungkan probe tegangan dengan sumber tegangan sesuai dengan polaritasnya yaitu probe U1 ke fasa dan probe N ke netral.
8. Pasang probe arus (Channel 1) pada satu kabel dengan arah yang sesuai.
9. Nyalakan Hioki 3169-02 dan beban yang diukur! Periksa pemasangan kabel pada menu “*Wiring Check*”. Pastikan semua hubungan kabel OK
10. Perhatikan nilai daya rekatif, daya nyata, daya kompleks dan factor daya dari beban yang diukur.
11. Catat nilai dari hasil poengukuran dan gambar hubungan tegangan – arus pada lembar data percobaan.
12. Ulangi kegiatan di atas dengan variasi beban yang berbeda – beda..

B. Percobaan Pengukuran Harmonis

1. Rangkai Power Quality Analyzer Hioki 3169-02 untuk pengukuran 1 fasa..
2. Pasang beban yang akan diukur.
3. Hubungkan probe tegangan dengan sumber tegangan sesuai dengan polaritasnya yaitu probe U1 ke fasa dan probe N ke netral.
4. Pasang probe arus (CT) pada satu kabel dengan arah yang sesuai.
5. Mintalah asisten yang bersangkutan memeriksa rangkaian percobaan.
6. Nyalakan Hioki 3169-02 dan beban yang diukur! Periksa pemasangan kabel pada menu “*Wiring Check*”.
7. Setting pengukuran dengan interval minimal 1 menit.
8. *Record* kondisi daya, faktor daya dan harmonik dengan menekan tombol “*Run/Stop*”.
9. Lakukan pengukuran selama 15 menit
10. Hentikan *record* dengan menekan tombol “*Run/Stop*” sekali lagi.
11. Matikan Hioki 3169-02 dan beban yang digunakan
12. Rapiakan alat setelah praktikum selesai dilakukan

**“JANGAN MENYALAKAN PERALATAN DAN MENGHIDUPKAN
TEGANGAN SEBELUM DIIZINKAN OLEH ASISTEN”**

VI. PERTANYAAN DAN TUGAS

Tugas :

4. Hitung nilai daya dan factor daya secara teori dan percobaan!bandingkan keduanya dan cari nilai persen kesalahannya!
5. Hitung nilai harmonik arus dan tegangan untuk masing - masing beban selama percobaan!

Pertanyaan :

1. Apa yang dimaksud dengan kualitas daya? apa saja parameter yang dapat kita analisa?Jelaskan!
2. Apa yang dimaksud dengan harmonik?Jelaskan pula tentang Total Harmonic Distortion (THD)!
3. Apa yang dimaksud dengan beban linier dan beban non linier?
4. Pada harmonik ke berapakah didapatkan nilai yang tertinggi?Jelaskan!