

SLIDE PERKULIAHAN ALAT UKUR LISTRIK FIS007 2 SKS

COUNTER

IRON
CORE

HRUR RAZI, M.S

SUPPORT
FOR CORE

LOWER
HAIRSPRING

JURUSAN FISIKA FMIPA
UNIVERSITAS NEGERI PADANG

© 2008

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS NEGERI PADANG

General Informations

- Fakultas : MIPA
- Jurusan : Fisika
- Mata Kuliah : Alat Ukur Listrik
- Bobot sks : 2 sks
- Ruang Kuliah : Menyesuaikan
- Tempat Konsultasi : Lab. Fisika Komputasi
2nd floor
- Dosen : Fakhrur Razi, M.Si

Description

- Matakuliah perkakas instrumentasi
- Sinopsis:
 - Pengukuran dan kesalahan; ketepatan dan kepekaan, angka berarti, jenis-jenis kesalahan, analisis statistik.
 - Meter dc: meter kumparan putar permanen magnet, kepekaan Galvanometer, amperemeter dc, voltmeter dc, metoda voltmeter, amperemeter, ohmmeter, kalibrasi, instrumen-instrumen arus searah, multimeter.

Description

- Meter Acuan multi meter : penyearah dalam multimeter, multimeter analog, multimeter digital
- Potensiometrik; rangkaian potensiometer, metoda potensiometer dengan detektor nol
- Jembatan dc : jembatan Wheatstone, pemakaian jembatan wheatstone dalam alat-alat ukur listrik, pemakaian teorema Thevenin terhadap jembatan Wheatstone.
- Osiloskop: cara kerja tabung sinar katoda dalam osiloskop, rangkaian blok dalam osiloskop, fungsi tombol-tombol osiloskop dan hubungannya dalam rangkaian blok.

Description

- Latihan terbimbing pengukuran :
 - » Pengukuran arus dalam orde μA dengan galvanometer
 - » Pengukuran dengan multimeter analog
 - » Pengukuran dengan multimeter digital
 - » Pengukuran dengan osiloskop

2-5-2009
 H. Razi
 K
 152/HA/2009 - S. C.
 621.374.4

Interest



- Mahasiswa memahami / menguasai rangkaian dasar alat-alat ukur listrik
- Mahasiswa memiliki kemampuan untuk membahas prinsip kerja beberapa alat ukur listrik DC dan AC
- Mahasiswa mampu menggunakan secara benar alat-alat ukur listrik, mengkalibrasi, dan memelihara alat dari kerusakan ringan
- Mahasiswa mampu menggunakan alat ukur listrik dalam praktek di Labotratorium .

Reference



- William D. C. (1991). *Intrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran* (Terjemahan : Sehat Pakpahan). Jakarta. Erlangga.
- Soedjana Sapie (1982). *Pengukuran dan alat-alat Ukur Listrik*. Jakarta . Pradya Paramita.
- Thomas G. Beckwith (1987). *Pengukuran Mekanis* (Alih Bahasa Ir. Kusnul Hadi, Jakarta. Erlangga.
- Holman, J.P. (1985). *Metoda Pengukuran Teknik* (alih bahasa ; Ir E. Jasyfi, M.Sc.) Jakarta. Erlangga.
- Doebelin, Ernest O. (1983), *Measurement Systems Aplication and Design*, third Edition, Departement of Mechanical Engineering The Ohio State University

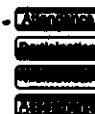
Agreement



- Mahasiswa diharapkan hadir setiap pertemuan
- Datang tepat pada waktunya
- Memberikan surat/ informasi jika saudara berhalangan hadir atau terlambat
- Toleransi Keterlambatan 10 menit
- Berpakaian rapi dan sopan (no sandal, oblong)

Semua pelanggaran tidak ada dispenisasi
Tindakan sesuai dengan pelanggaran

Participation



- Berpartisipasi dalam diskusi kelompok atau diskusi kelas
- Mengacungkan tangan jika ingin bertanya atau mengemukakan pendapat

Homework



- Semua tugas harus masuk pada saat kuliah tatap muka minggu berikutnya berlangsung
- Tugas dikumpul pada saat memasuki ruang kelas
- Keterlambatan penyerahan tugas akan mendapatkan pengurangan poin sebesar 10%

Assesments



- Kehadiran 80%
- Nilai akhir
 - UTS : 30 %
 - UAS : 50%
 - Tugas, Latihan, Kuis : 20 %

Pengukuran dan Kesalahan



- **Pengukuran** : Membandingkan suatu besaran yang belum diketahui dengan suatu besaran lain sejenis yang telah diketahui (besaran standar) menggunakan alat ukur (Instrumen).
- **Kesalahan (error)** : Penyimpangan nilai yang diukur dari nilai sebenarnya

Pengukuran dan Kesalahan



- Alat ukur (Instrument) dapat diartikan sebagai suatu alat yang digunakan untuk menentukan nilai atau besarnya kuantitas dari besaran yang diukur .
- Dalam suatu pengukuran selalu terkandung suatu ketidakpastian, pertanyaan yang muncul adalah :
 - ✓ Bagaimanakah cara melaporkan hasil pengukuran itu ?
 - ✓ Apakah pengamatan itu tidak salah ?
 - ✓ Berapakah simpangannya ?
 - ✓ Sampai berapa jauh hasil itu dapat dipercaya ?

Pengukuran dan Kesalahan



Penyebab adanya ketidakpastian hasil pengukuran diantaranya

- Faktor Manusia (human error): Pengukuran dilakukan oleh manusia yang memiliki keterbatasan
- Faktor Instrumen atau alat ukur yang digunakan belum tentu 100 % sempurna
- Faktor lingkungan saat melakukan pengukuran seperti : atmospheric pressure, temperature, air humidity

Untuk itu dalam proses pengukuran yang dapat dilakukan adalah memperkecil ketidakpastian dan melaporkan hasil pengukuran dengan jujur

Pengukuran dan Kesalahan



- istilah penting yang digunakan dalam pengukuran diantaranya ketepatan, ketelitian, sensitivitas, dan resolusi

Ketepatan (*Accuracy*)

- Ketepatan merupakan tingkat kesesuaian atau dekatnya kuantitas yang diukur atau dihitung dengan nilai yang sebenarnya
- *Accuracy is the degree of conformity of a measured/calculated quantity to its actual (true) value.*

Contoh : Sebuah voltmeter yang baru dibuat digunakan untuk mengukur suatu sumber tegangan tetap 10V, maka bila alat ini memiliki akurasi yang baik, hasil pengukurannya harus mendekati atau sama dengan 10V.

Pengukuran dan Kesalahan

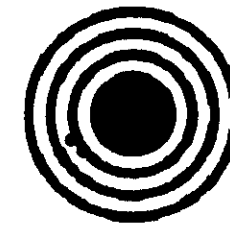
Ketelitian (*Precision*)

- Presisi atau teliti adalah tingkat dimana pengukuran beberapa kali menunjukkan hasil yang sama atau mirip.
- *Precision is the degree to which further measurements or calculations will show the same or similar results.*
- Hasil pengukuran atau perhitungan dapat saja akurat tapi tidak teliti, atau sebaliknya teliti tetapi tidak akurat. Bila hasil pengukuran akurat dan teliti inilah yang disebut dengan pengukuran yang *Valid*

Pengukuran dan Kesalahan



*High accuracy,
but low precision*



*High precision,
but low accuracy*

Pengukuran dan Kesalahan

Kepekaan / Sensitivitas (*Sensitivity*)

Adalah Perbandingan sinyal keluaran atau respon instrument terhadap perubahan masukan. untuk multimeter ditentukan oleh Ω/Volt , makin besar Ω/Volt , makin peka multimeter tersebut

Resolusi (*Resolution*)

Perubahan terkecil dari suatu besaran yang dapat terdeteksi atau terukur oleh suatu alat.

Pengukuran dan Kesalahan

Angka Berarti (*significant figure*)

Angka berarti merupakan suatu indikasi bagi ketepatan hasil pengukuran. Makin banyak angka berarti ketepatan pengukuran menjadi lebih besar.

$$\begin{aligned} R_T &= R_1 + R_2 \\ &= 18,7 + 3,624 \\ &= 22,324 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} V &= I \cdot R = 3,18 \text{ A} \cdot 35,68 \Omega \\ &= 113,4624 \text{ Volt} \end{aligned}$$



maka jumlah angka berarti yang boleh ditulis sama dengan jumlah angka berarti yang paling sedikit dari dua nilai tahanan tersebut.

Pengukuran dan Kesalahan

Jenis-jenis kesalahan

Kesalahan dapat dikelompokkan atas tiga jenis yaitu

- kesalahan umum,
- sistematis, dan
- kesalahan acak

Kesalahan Umum (*Gross-error*)

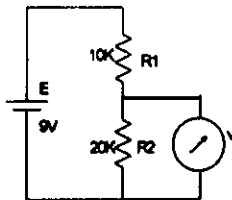
Kesalahan umum kebanyakan disebabkan oleh kesalahan manusia, diantara kesalahan tersebut seperti

Pengukuran dan Kesalahan

- Kesalahan pembacaan alat ukur
- Penyetelan yang tidak tepat
- Pemakaian instrumen yang tidak sesuai
- Kesalahan penaksiran

Pengukuran dan Kesalahan

Dua buah voltmeter dengan sensitivitas (s) masing-masing adalah $2000 \Omega/V$ dan $20000 \Omega/V$. Kedua Voltmeter ini digunakan untuk mengukur tegangan pada rangkaian pembagi tegangan seperti pada gambar. Skala pengukuran yang digunakan kedua voltmeter berada pada 10V. Tentukan kesalahan pengukuran yang terjadi untuk masing-masing voltmeter



Pengukuran dan Kesalahan

Voltmeter I :

Tegangan keluaran terbuka tanpa voltmeter menurut teori

$$V_{th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E = \frac{20}{10 + 20} \cdot 9 = 6V$$

Tegangan keluaran akibat adanya voltmeter (V_{om}). Dengan adanya voltmeter akan mengakibatkan tahanan R_2 paralel dengan tahanan voltmeter (R_v)

$$R_v = 2000 \Omega/V \times 10V = 20 k\Omega$$

Sehingga V_{om} menjadi

$$V_{om} = \frac{(R_2 \parallel R_v)}{R_1 + (R_2 \parallel R_v)} E \quad R_2 \parallel R_v = \frac{R_2 R_v}{R_2 + R_v} = \frac{20 \cdot 20}{10 + 20} = 13,3k$$

$$V_{om} = \frac{13,3}{10 + 13,3} \times 9 = 5,14V$$

Pengukuran dan Kesalahan



Maka kesalahan penggunaan voltmeter I adalah

$$\% \text{ Kesalahan Pembebanan} = \frac{\text{Hasil Teori} - \text{Hasil Ukur}}{\text{Hasil Teori}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Kesalahan Pembebanan} = \frac{6 - 5,14}{6} \times 100\% = 14,3\%$$

Voltmeter II :

Tegangan keuaran akibat adanya voltmeter

Tahanan voltmeter (RV)

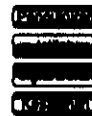
$$R_v = 20000 \Omega/V \times 10V = 200 \text{ k}\Omega$$

Sehingga V_{cm} menjadi

$$V_{\text{cm}} = \frac{(R_1 // R_2)}{R_1 + (R_2 // R_v)} \cdot E \quad R_1 // R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \cdot 200}{10 + 200} = 19,05 \text{ k}\Omega$$

$$V_{\text{cm}} = \frac{19,05}{10 + 19,05} \cdot 9 = 5,91V$$

Pengukuran dan Kesalahan



Maka kesalahan penggunaan voltmeter I adalah

$$\% \text{ Kesalahan Pembebanan} = \frac{\text{Hasil Teori} - \text{Hasil Ukur}}{\text{Hasil Teori}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Kesalahan Pembebanan} = \frac{6 - 5,9}{6} \times 100\% = 1,7\%$$

- Kesalahan yang terjadi akibat pemasangan voltmeter pada rangkaian disebut dengan kesalahan pembebanan (*loading effect*).
- penggunaan voltmeter dengan sensitivitas yang tepat dapat mengurangi kesalahan yang terjadi dalam pengukuran

Kesalahan sistematis

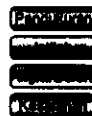


- Kesalahan sistematis dapat terjadi karena kekurangan-kekurangan pada instrumen itu sendiri seperti kerusakan, ada bagian yang aus, dan pengaruh lingkungan terhadap peralatan atau pemakai.



- Kesalahan sistematis menyebabkan hasil pengukuran jauh mengalami penyimpangan dari harga yang sebenarnya
- Untuk menghindari kesalahan sistematis perlu dilakukan cross check menggunakan alat ukur lain

Beberapa contoh kesalahan sistematis



Kesalahan kalibrasi

Alat tidak dikalibrasi, sehingga setiap kali melakukan pengukuran maka terdapat ketidakpastian terhadap hasil pengukuran

Kesalahan titik nol

Kesalahan titik nol adalah dimana titik nol skala tidak tepat berhimpit dengan titik nol jarum penunjuk.

Kesalahan komponen alat

Pemakaian alat secara tidak benar atau alat yang sudah digunakan terlalu lama akan menyebabkan sebagian komponennya mengalami kerusakan sehingga ketepatan pengukuran diragukan

Gesekan

Adanya gesekan dalam penggunaan alat ukur akan mempengaruhi kesalahan atau ketidakpastian dalam pengukuran.

Beberapa contoh kesalahan sistematis

1. Kesalahan

2. Kesalahan

3. Kesalahan

4. Kesalahan

Kesalahan menaksir skala terkecil

Kesalahan dalam menaksir nilai skala terkecil akan mengakibatkan kesalahan dalam pembacaan hasil pengukuran

Kesalahan karena pengaruh lingkungan

Penggunaan alat pada kondisi yang tidak diperbolehkan menurut pedoman penggunaan peralatan akan mengakibatkan hasil pengukuran menjadi kurang tepat. Contoh pengaruh suhu, tekanan, dan kelembaban yang melebihi batas yang diizinkan oleh suatu alat ukur.

Kesalahan acak (*random error*) / Ketidakpastian rambang

1. Kesalahan

2. Kesalahan

3. Kesalahan

4. Kesalahan

- Kesalahan ini diakibatkan oleh penyebab-penyebab yang tidak diketahui sebab perubahan-perubahan parameter atau sistem pengukuran terjadi secara acak.
- Kesalahan ini umumnya sangat kecil, namun akan menjadi penting pada pengukuran yang membutuhkan ketelitian yang tinggi.
- Kesalahan random, hasil pengukuran tidak jauh menyimpang dari harga yang sebenarnya (X_0), tersebar disekitar harga yang sebenarnya.

Penyebab Kesalahan random

1. Kesalahan

2. Kesalahan

3. Kesalahan

4. Kesalahan

Pengaruh gerak Brown molekul udara

- Karena molekul udara (N_2 , O_2 , CO_2) bergerak tidak teratur dapat mengakibatkan terjadinya fluktuasi pada penunjukan jarum alat yang halus terganggu (mikrokalvanometer)

Fluktuasi pada tegangan listrik

- Tegangan listrik PLN atau aki/baterai kadang berfluktuasi yaitu mengalami perubahan kecil tidak teratur berlangsung cepat dan seketika sehingga dapat mengganggu pengukuran.

Getaran atau landasan yang bergetar

- Getaran yang terjadi pada landasan alat ukur juga dapat menyebabkan kesalahan dalam pengukuran

Kebisingan

- Kebisingan yang terjadi saat melakukan pengukuran juga dapat berpengaruh pada hasil pengukuran

Radialasi

- Radialasi juga dapat menyebabkan kesalahan dalam pengukuran walaupun pengaruhnya cukup kecil.

Analisis Statistik

1. Kesalahan

2. Kesalahan

3. Kesalahan

4. Kesalahan

Untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas tentang sekumpulan data maka perlu dilakukan analisis statistik seperti rata-rata, simpangan, simpangan baku dan sebagainya.

Rata-rata atau rata-rata hitung

Rata rata dihitung dengan cara membagi jumlah seluruh nilai data dengan banyaknya data

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Analisis Statistik

Penyimpangan dari nilai rata-rata

Penyimpangan (deviasi) dari nilai rata-rata adalah selisih suatu pembacaan atau nilai terhadap nilai rata-rata

$$d_1 = x_1 - \bar{X}$$

$$d_2 = x_2 - \bar{X}$$

$$d_n = x_n - \bar{X}$$

Rata-rata simpangan (Average deviation)

Rata-rata simpangan adalah hasil bagi jumlah simpangan dengan jumlah data

$$D = \frac{|d_1| + |d_2| + |d_3| + \dots + |d_n|}{n} \quad D = \frac{\sum |x_i - \bar{X}|}{n}$$

Analisis Statistik

Simpangan baku (standard deviation)

Standar deviasi merupakan akar dari penjumlahan dari semua simpangan (deviasi) setelah dikuadratkan dibagi dengan banyaknya data

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{untuk data yang terbatas}$$

Varians

Besarnya sama dengan kuadrat dari standar deviasi $\sigma = \sigma^2$

Analisis Statistik

Kesalahan yang Mungkin (Probable error)

Untuk data yang terdistribusi normal, berdasarkan distribusi Gauss diperoleh hampir 68% dari semua kasus berada dalam daerah + σ dan - σ dari nilai rata-rata atau lebih tepatnya berada pada batas-batas penyimpangan $\pm 0,6745 \sigma$. Dengan demikian kesalahan yang mungkin (r) ditentukan dengan persamaan

$$r = \pm 0,6745\sigma$$

Nilai ini adalah mungkin dalam arti bahwa terdapat suatu kesempatan yang sama di mana setiap pengamat akan memiliki suatu kesalahan acak yang tidak boleh melebihi $\pm r$.

Analisis Statistik

Kesalahan Batas (Limiting Error)

Kebanyakan instrumen, ketelitian hanya dijamin sampai suatu persentase tertentu dari skala penuh. Batas-batas penyimpangan dari nilai yang ditetapkan disebut kesalahan batas (limiting error) atau kesalahan garansi (guarantee error).

Bila nilai sebuah tahanan adalah $500\Omega \pm 10\%$, maka pabrik menjamin bahwa nilai tahanan tersebut berada diantara 450Ω dan 550Ω . Pabrik tidak menetapkan deviasi standar atau kesalahan yang mungkin, tetapi menjanjikan bahwa kesalahan tidak akan lebih besar dari batas-batas yang telah ditetapkan.

CONTOH LIMITING ERROR

Sebuah voltmeter 0 – 150V memiliki ketelitian 1 % skala penuh.
Tegangan yang diukur voltmeter adalah 83 V. Tentukan kesalahan
batas dalam persen

Besar kesalahan batas adalah $\rightarrow 0,01 \times 150 \text{ V} = 1,5 \text{ V}$

Persentase kesalahan untuk penunjukan 83 V $\rightarrow \frac{1,5}{83} \times 100\% = 1,81\%$

Sedangkan untuk penunjukan 30 V $\rightarrow \frac{1,5}{30} \times 100\% = 5\%$

METER DC KUMPARAN PUTAR

OBJECT

Ada banyak jenis alat ukur listrik yang tersedia saat ini diantaranya adalah

- Galvanometer
- Amperemeter untuk arus DC atau AC
- Voltmeter untuk tegangan DC atau AC
- Ohmmeter untuk mengukur nilai tahanan
- Multimeter/Multitester/AVOmeter baik berbentuk Analog atau Digital
- Basicmeter penambahan shunt untuk arus dan multiplier untuk tegangan
- Oscilloscope untuk mengukur tegangan DC, AC, Periode (frekuensi) dan Beda fase dua gelombang

GALVANOMETER

Galvanometer merupakan alat ukur listrik yang pertama muncul dan terdiri dari dua model yaitu

- Tipe Thomson
- Tipe D'Arsonval

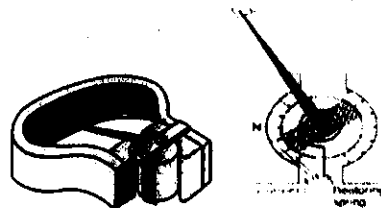
Tipe Thomson

- Magnet permanen terletak pada pusat kumparan dan magnet ini dilengkapi dengan sebuah jarum dan pegas.
- Bila kumparan dialiri arus maka magnet permanen akan berputar pada sumbu nya
- Kelemahan dan tipe ini adalah sering terjadi penyimpangan hasil pengukuran dan hasil yang sebenarnya

GALVANOMETER

Tipe D'Arsonval

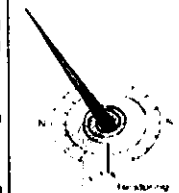
- Tipe D'Arsonval mengembangkan sebuah alat dengan membuat kumparan pada sebuah selinder dan ditempatkan diantara dua kutub magnet permanen
- Bila ada arus yang mengalir pada kumparan maka selinder tersebut akan berputar.
- Jarum penunjuk dan pegas dipasang pada selinder tersebut dan berputar bersama dengan selinder. Berikut skema tipe D'Arsonval



GALVANOMETER

Konstruksi dan cara kerja Galvanometer

- Galvanometer terdiri dari magnet permanen, kumparan yang dapat berputar dan jarum sebagai penunjuk
- Cara kerja:
 - Bila arus melewati kumparan akan timbul torsi elektromagnetik
→ kumparan berputar
 - Torsi ini dilindungi oleh torsi yang dihasikan oleh *restoring spring*
 - Kesetimbangan torsi → sudut kumparan → jarum penunjuk → skala



GALVANOMETER


• Basic dari Galvanometer dengan prinsip PMMC (permanent magnetic moving coil) = D'Arsonval

• Persamaan torsi

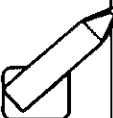
$$T_D = B \times A \times I \times N$$

- T = Torsi (Nm)
- B = Rapat fluks di udara (wb/m²)
- A = Luas efektif kumparan (m²)
- I = Arus dalam kumparan putar(A)
- N = Jumlah lilitan kumparan

Atau momen pengerak



GALVANOMETER



Pada sumbu putar terdapat sebuah pegas yang berfungsi untuk menahan dan mengembalikan putaran

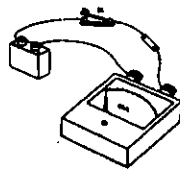
- Pegas ini akan memberikan gaya sebanding dengan sudut rotasi yang terjadi (θ).
- Bila konstanta pegas diketahui (τ) maka dapat dihitung gaya momen putar (TC) dan pegas

$\tau \theta_c = \tau \theta$ Momen pengontrol

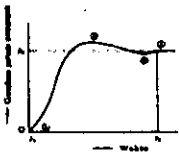
- Pada keadaan setimbang (jarum berada dalam keadaan diam) berlaku $T = T_c$, sehingga
 - $\tau \theta_o = B A I N$

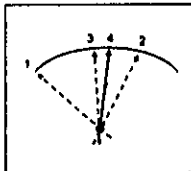
GALVANOMETER

Kalau saklar S ditutup arus searah (DC) akan mengalir melalui alat ukur amperemeter dan jarum akan bergerak dengan pergerakan melalui posisi 1, 2, 3, dan berhenti pada posisi 4.



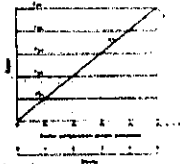

Bentuk gerakan jarum seperti ini terjadi karena lemahnya momen peredaman atau momen pengontrol dari alat ukur

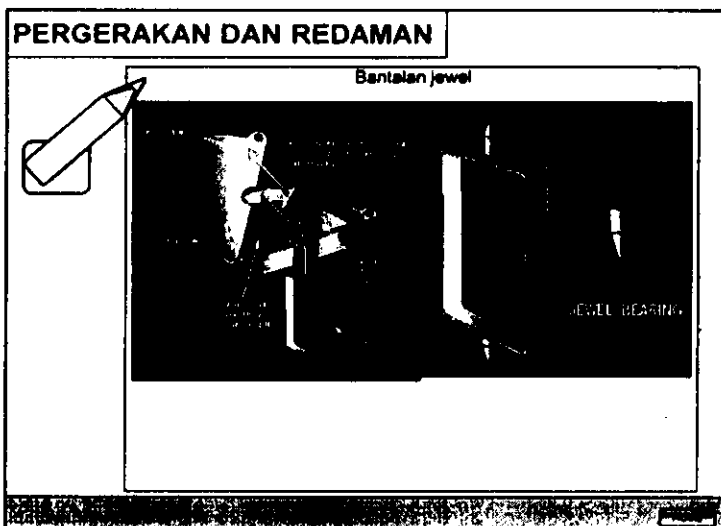




CARA MENENTUKAN SKALA

- Grafik di atas menunjukkan hubungan antara sudut θ dan momen pengerak T
- Jika momen pengerak $T_{D1}, T_{D2}, T_{D3}, T_{D4}$ dan T_{D5} disebabkan oleh arus DC sebesar 1, 2, 3, 4, dan 5 mA, maka momen-momen tersebut dapat digambarkan sebagai garis-garis datar yang berjarak sama antara satu dengan yang lain.
- Momen pengerak T_D ditentukan oleh kuat arus (I).
- momen pengontrol T_c berbanding lurus dengan sudut putar (θ) yang digambarkan dalam grafik sebagai garis lurus yang menghubungkan titik nol dengan akhir A
- Bila sudut putaran dari jarum penunjuk dalam keadaan setimbang $T_D = T_c$ dan sudutnya dinyatakan sebagai $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$, dan θ_5 maka didapat $\theta_2=2\theta_1, \theta_3=3\theta_1, \theta_4=4\theta_1$, dan $\theta_5=5\theta_1$.
- → skala dapat dibuat dengan membagi bujur lingkaran sebesar 1,2 rad kedalam 5 bagian yang sama dan memberikan angka-angka pada 5 bagian tersebut 1, 2, 3, 4, dan 5.



PERGERAKAN DAN REDAMAN

Sifat dinamik Galvanometer

- Kecepatan tanggapan
- Redaman
- Overshot (tanpa lonjakan)

Gerakan sebuah kumparan putar dalam medan magnet dipengaruhi oleh

- Momen Inersia (kelembaman) kumparan terhadap sumbu putarnya
- Torsi lawan yang dihasilkan
- Konstanta redaman

Tiga kemungkinan dari sifat dinamik kumparan

- Overdamped (teredam lebih)
- Underdamped (kurang teredam)
- Critically damped (teredam kritis)

SENSITIVITAS GALVANOMETER

Sensitivitas arus

Sensitivitas arus adalah perbandingan simpangan (defleksi) galvanometer terhadap arus yang menyebabkan defleksi tersebut

$$S_I = \frac{d \text{ mm}}{I \text{ } \mu\text{A}}$$

Dimana
 d = defleksi Galvanometer (skala)
 I = Arus galvanometer dalam μA

Sensitivitas tegangan

Sensitivitas tegangan merupakan perbandingan defleksi galvanometer terhadap tegangan yang menyebabkan defleksi tersebut

$$S_V = \frac{d \text{ mm}}{V \text{ mV}}$$

Dimana
 d = defleksi galvanometer (skala)
 V = Tegangan yang diberikan pada galvanometer dalam mV

SENSITIVITAS GALVANOMETER

Sensitivitas Mega-Ohm

Adalah tahanan (dalam mega-Ohm) yang dihubungkan sen dengan Galvanometer agar menghasilkan defleksi sebesar 1 bagian skala bila tegangan 1 Volt dibenkan kerangkaian tersebut

Sensitivitas arus adalah perbandingan simpangan (defleksi) galvanometer terhadap arus yang menyebabkan defleksi tersebut

$$S_R = \frac{d \text{ mm}}{I \text{ } \mu\text{A}} = S_I$$

Dimana
 d = defleksi Galvanometer (skala)
 I = Arus galvanometer dalam μA

Sensitivitas balistik

Sensitivitas balistik adalah perbandingan defleksi maksimal galvanometer d_m terhadap jumlah muatan listrik Q di dalam suatu pulsa tunggal yang menyebabkan defleksi tersebut

$$S_Q = \frac{d_m \text{ mm}}{Q \text{ } \mu\text{C}}$$

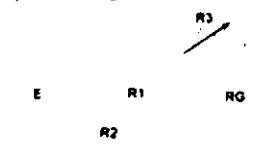
Dimana
 d_m = defleksi maksimal galvanometer (skala)
 Q = kuantitas muatan listrik dalam μC

SENSITIVITAS GALVANOMETER

Contoh

Sebuah galvanometer diuji dalam rangkaian dimana

$E = 1.5\text{ V}$
 $R_1 = 1\text{ ohm}$
 $R_2 = 2500\text{ ohm}$
 $R_3 = \text{variabel}$

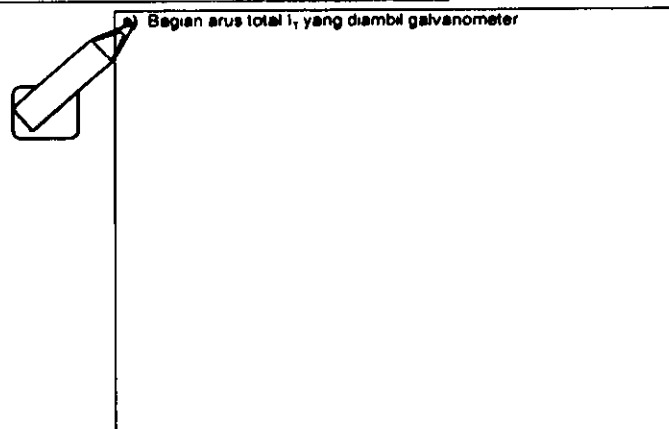


Dengan membuat R_3 450 ohm defleksi galvanometer adalah 150 mm, dan R_3 950 ohm defleksi berkurang menjadi 75 mm

- Tentukan tahanan galvanometer
- Sensitivitas arus galvanometer

SENSITIVITAS GALVANOMETER

Bagian arus total I , yang diambil galvanometer

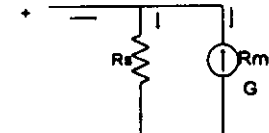


C. Amperemeter DC

1. Tahanan Shunt

Karena gulungan kumparan dan sebuah gerakan dasar umumnya kecil dan ringan sehingga arus yang dapat dilewatkan hanya arus kecil saja

Bila yang akan diukur adalah arus yang besar, maka sebagian arus tersebut perlu dialirkan pada sebuah tahanan yang disebut dengan Shunt seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut



R_m = Tahanan dalam alat ukur
 R_s = Tahanan Shunt
 I_m = Arus Shunt
 I_s = Arus Shunt
 I = Arus skala penuh

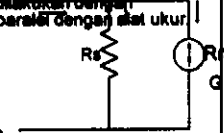
Besarnya tahanan shunt yang harus dipasang dapat ditentukan dengan menerapkan analisa rangkaian sederhana pada rangkaian

C. Amperemeter DC

- Untuk arus-arus besar maka tahanan shunt yang dipasang juga harus besar agar tidak menimbulkan panas.
- Untuk tahanan shunt yang digunakan mengukur arus 30A atau lebih maka tahanan shunt diletakkan diluar kotak pengukur amper

2. Merubah Batas Ukur

- Alat ukur kumparan putar pada dasarnya adalah untuk mengukur arus atau amper
- Arus yang dapat melewati kumparan putar dibatasi lebih kurang 30 mA, karena kumparan sangat halus. Bahkan beberapa alat ukur hanya dapat dilewati arus maksimum dalam orde μA .
- Dengan demikian untuk dapat menggunakan alat ukur untuk mengukur arus yang besar harus dilakukan perubahan batas ukur. Perubahan batas ukur dapat dilakukan dengan memasang sebuah tahanan shunt paralel dengan alat ukur

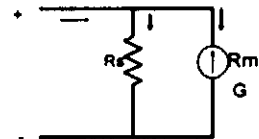


R_s = Tahanan Shunt
 I_m = Arus Shunt
 I_s = Arus Shunt
 I = Arus skala penuh

C. Ampermeter DC



R_m = Tahanan dalam alat ukur
 R_s = Tahanan Shunt
 I_m = Arus Shunt
 I_s = Arus Shunt
 I = Arus skala penuh



Perhitungan nilai tahanan shunt dapat dilakukan dengan dua cara

Cara pertama :

Besar perubahan batas ukur dapat ditulis dalam bentuk

$$m = I / I_m \quad (3.1)$$

Dimana:

I_m = kemampuan awal alat ukur (tanpa tahanan shunt)

I = kemampuan setelah dipasang tahanan shunt.

Nilai m dapat ditulis dalam bentuk

$$m = \frac{R_m + R_{sh}}{R_{sh}}$$

C. Ampermeter DC



Bila disederhanakan akan diperoleh

$$\begin{aligned}
 m R_{sh} &= R_m + R_{sh} \\
 m R_{sh} - R_{sh} &= R_m \\
 R_{sh} (m - 1) &= R_m
 \end{aligned}
 \longrightarrow
 R_{sh} = \frac{R_m}{m - 1}$$

Cara kedua :

Karena tahanan shunt paralel dengan alat ukur (ampermeter) maka tegangan pada tahanan shunt dan ampermeter adalah sama

$$\begin{aligned}
 V_{shunt} &= V_{alat\ ukur} \\
 I_{sh} R_{sh} &= I_m R_m
 \end{aligned}
 \longrightarrow
 R_{sh} = \frac{I_m R_m}{I_{sh}}$$

Karena $I_{sh} = I - I_m$ maka besarnya tahanan Shunt dapat ditulis

$$R_{sh} = \frac{I_m R_m}{I - I_m}$$

C. Ampermeter DC



Contoh :

Sebuah alat ukur 1 mA dengan tahanan dalam 100 Ω akan diubah menjadi 0-100 mA. Tentukan nilai tahanan shunt yang diperlukan

Solusi

$$I_{sh} = I - I_m = 100 - 1 = 99 \text{ mA}$$

$$R_{sh} = \frac{I_m R_m}{I_{sh}} = \frac{1 \text{ mA} \times 100 \Omega}{99 \text{ mA}} = 1,01 \Omega$$

C. Ampermeter DC



Memperbaiki karakteristik temperatur

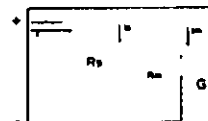
- Dalam menggunakan alat ukur ada kemungkinan terjadi perubahan-perubahan yang diakibatkan oleh temperature.
- Perubahan ini dapat terjadi karena umumnya kumparan putar terbuat dari bahan tembaga yang mempunyai koefisien temperature cukup tinggi.
- Tahanan tembaga berubah 0,4 % per derajat celcius.
- Sehingga perubahan temperature dapat menyebabkan berubahnya kedudukan jarum penunjuk.

C. Ampermeter DC



Contoh :

Pada temperature 20 oC tahanan kumparan putar $R_m = 5 \text{ K}\Omega = 5000$ dan $R_{sh} = 5,005 \text{ }\Omega$. Resistor terbuat dari bahan manganin. Bila temperature naik menjadi 30°C hitung perubahan pembacaan alat ukur



Kenaikan temperature akan menyebabkan R_m berubah menjadi $5,2 \text{ K}\Omega = 5200\Omega$, sedangkan R_{sh} tetap karena dari bahan manganin

$$m = \frac{R_m \cdot R_{sh}}{R_{sh}} = \frac{5200 \times 5,005}{5,005} = 1040$$

Bila pada 20°C penunjukan 100 mA maka pada 30°C penunjukan akan menjadi:

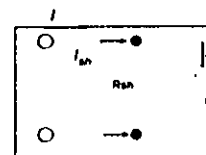
$$\frac{1000}{1040} \times 100 \text{ mA} = 96 \text{ mA}$$

C. Ampermeter DC



Merancang Rsh Ampermeter Praktis

Misal sebuah galvanometer memiliki arus defleksi penuh (I_{dp}) = $100 \mu\text{A}$ dan tahanan dalam 1500Ω akan digunakan untuk membuat ampermeter dengan kemampuan 50 mA dan 100 mA



Menghitung R_{sh} dapat digunakan persamaan

$$R_{sh} = \frac{R_m}{m - 1} \rightarrow m = \frac{I}{I_{dp}} \quad R_{sh} = \frac{I_m R_p}{I - I_m}$$

$$R_{sh} = \frac{I_m R_m}{I - I_m} \quad I_{dp} = I - I_m$$

C. Ampermeter DC



$$m = \frac{50 \text{ mA}}{100 \mu\text{A}} = 500$$

$$R_{sh} = \frac{1500}{500 - 1} \approx 3 \Omega$$

Untuk range 100 mA

$$m = \frac{100 \text{ mA}}{100 \mu\text{A}} = 1000$$

$$R_{sh} = \frac{1500}{1000 - 1} \approx 1,5 \Omega$$

$$R_{sh} = \frac{I_m R_m}{I - I_m} = \frac{100 \mu\text{A} \times 1500 \Omega}{50 \text{ mA} - 100 \mu\text{A}}$$

$$R_{sh} = \frac{0,15 \text{ V}}{0,0499 \text{ A}} \approx 3 \Omega$$

Untuk range 100 mA

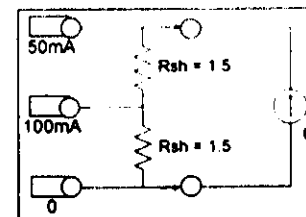
$$R_{sh} = \frac{100 \mu\text{A} \times 1500 \Omega}{100 \text{ mA} - 100 \mu\text{A}}$$

$$R_{sh} = \frac{0,15 \text{ V}}{0,0999 \text{ A}} \approx 1,5 \Omega$$


C. Ampermeter DC



Dalam rangkaian praktis dapat dibuat




SHUNT AYRTON




- Batas ukur sebuah amperemeter dapat divariasikan (diperkecil atau diperbesar) dengan menggunakan sejumlah tahanan shunt yang dapat dipilih melalui saklar rangkuman
- Alat ukur seperti ini disebut ammeter rangkuman ganda (multirange ammeter)
- Saklar yang digunakan dalam rangkuman ganda seperti ini harus jenis saklar posisi ganda yang dapat menyambung sebelum memutuskan (make-before break), sehingga alat ukur tidak rusak.

Desain dari rangkuman ganda seperti ini ditunjukkan pada gambar berikut




$I_{\infty} = 1 \text{ mA}$
Gerak d'Arsonval
 $R_m = 50 \Omega$

SHUNT AYRTON

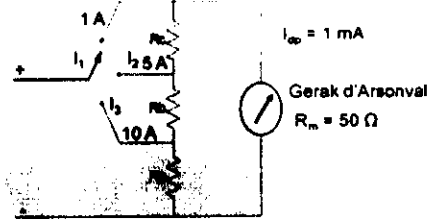


- Dari gambar → ada empat buah tahanan shunt $R_a, R_b, R_c,$ dan R_d yang dipasang tersusun paralel dengan alat ukur.
- Tiap tahanan shunt akan menghasilkan batas pengukuran yang berbeda sehingga terdapat tiga macam batas ukur
- rangkaian ini tetap rentan terhadap kerusakan, karena kegagalan saklar untuk terhubung pada sebuah tahanan saat tahanan lain lepas dapat menyebabkan rangkaian berada dalam keadaan tanpa tahanan shunt sehingga dapat merusak alat ukur.
- keuntungannya jika ada R_{sh} yang rusak R_{sh} yang lain masih dapat dipakai.
- Untuk mencegah hal ini dirancang Shunt universal atau shunt Ayrton
- Rangkaian shunt Ayrton dibangun dengan memasang sejumlah tahanan shunt secara seri sehingga diperoleh tahanan total sedikit lebih besar

SHUNT AYRTON




Amperemeter rangkuman ganda shunt universal



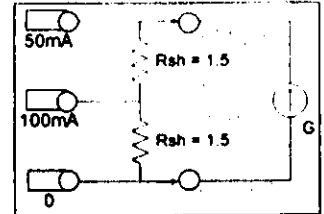
$I_{\infty} = 1 \text{ mA}$
Gerak d'Arsonval
 $R_m = 50 \Omega$

1 A
 I_1
25 A
 I_2
10 A
 I_3

G. Amperemeter DC



Dalam rangkaian praktis dapat dibuat



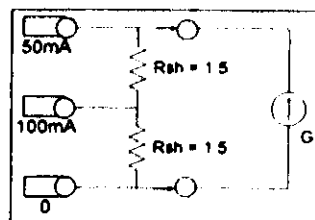
50mA
100mA
0
 $R_{sh} = 1.5$
 $R_{sh} = 1.5$
G

152/hel/2009-51(1)

C. Ampermeter DC



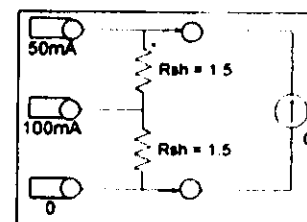
Dalam rangkaian praktis dapat dibuat



C. Ampermeter DC



Dalam rangkaian praktis dapat dibuat



C. Ampermeter DC

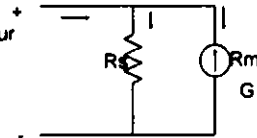


1. Tahanan Shunt

Karena gulungan kumparan dari sebuah gerakan dasar umumnya kecil dan ringan sehingga arus yang dapat dilewatkan hanya arus kecil saja

Bila yang akan diukur adalah arus yang besar, maka sebagian arus tersebut perlu dialirkan pada sebuah tahanan yang disebut dengan Shunt seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut

- R_m = Tahanan dalam alat ukur
- R_s = Tahanan Shunt
- I_m = Arus Shunt
- I_s = Arus Shunt
- I = Arus skala penuh



Besarnya tahanan shunt yang harus dipasang dapat ditentukan dengan menerapkan analisis rangkaian sederhana pada rangkaian

C. Ampermeter DC



- Untuk arus-arus besar maka tahanan shunt yang dipasang juga harus besar agar tidak menimbulkan panas.
- Untuk tahanan shunt yang digunakan mengukur arus 30A atau lebih maka tahanan shunt diletakan diluar kotak pengukur amper

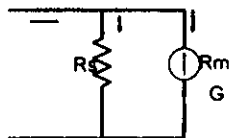
2. Merubah Batas Ukur

- Alat ukur kumparan putar pada dasarnya adalah untuk mengukur arus atau amper.
- Arus yang dapat melewati kumparan putar dibatasi lebih kurang 30 mA, karena kumparan sangat halus. Bahkan beberapa alat ukur hanya dapat dilewati arus maksimum dalam orde μ A.
- Dengan demikian untuk dapat menggunakan alat ukur untuk mengukura arus yang besar harus dilakukan perubahan batas ukur. Perubahan batas ukur dapat dilakukan dengan memasang sebuah tahanan shunt paralel dengan alat ukur.

C. Ampermeter DC



- R_m = Tahanan dalam alat ukur +
- R_s = Tahanan Shunt
- I_m = Arus Shunt
- I_s = Arus Shunt
- I = Arus skala penuh



Perhitungan nilai tahanan shunt dapat dilakukan dengan dua cara

Cara pertama:

Besar perubahan batas ukur dapat ditulis dalam bentuk

$$m = I / I_m \quad (3.1)$$

Dimana:

I_m = kemampuan awal alat ukur (tanpa tahanan shunt)

I = kemampuan setelah dipasang tahanan shunt.

Nilai m dapat ditulis dalam bentuk

$$m = \frac{R_m + R_s}{R_s}$$

C. Ampermeter DC



Bila disederhanakan akan diperoleh

$$\begin{aligned} m R_s &= R_m + R_s \\ m R_s - R_s &= R_m \\ R_s (m - 1) &= R_m \end{aligned} \quad \longrightarrow \quad R_s = \frac{R_m}{m - 1}$$

Cara kedua :


Karena tahanan shunt paralel dengan alat ukur (ampermeter) maka tegangan pada tahanan shunt dan ampermeter adalah sama

$$\begin{aligned} V_{shunt} &= V_{alat\ ukur} \\ I_{sh} R_s &= I_m R_m \end{aligned} \quad \longrightarrow \quad R_s = \frac{I_m R_m}{I_{sh}}$$

Karena I_{sh} = I - I_m maka besarnya tahanan Shunt dapat ditulis

$$R_s = \frac{I_m R_m}{I - I_m}$$

C. Ampermeter DC




Contoh :
Sebuah alat ukur 1 mA dengan tahanan dalam 100 Ω akan diubah menjadi 0-100 mA. Tentukan nilai tahanan shunt yang diperlukan

Solusi

$$I_{sh} = I - I_m = 100 - 1 = 99 \text{ mA}$$

$$R_{sh} = \frac{I_m R_m}{I_{sh}} = \frac{1 \text{ mA} \times 100 \Omega}{99 \text{ mA}} = 1,01 \Omega$$


C. Ampermeter DC




Memperbaiki karakteristik temperatur

- Dalam menggunakan alat ukur ada kemungkinan terjadi perubahan-perubahan yang diakibatkan oleh temperature
- Perubahan ini dapat terjadi karena umumnya kumparan putar terbuat dari bahan tembaga yang mempunyai koefisien temperature cukup tinggi.
- Tahanan tembaga berubah 0,4 % per derajat celcius.
- Sehingga perubahan temperature dapat menyebabkan berubahnya kedudukan jarum penunjuk.

C. Ampermeter DC



Contoh :
Pada temperature 20 °C tahanan kumparan putar $R_m = 5 \text{ K}\Omega = 5000$ dan $R_{sh} = 5,005 \Omega$, R_{sh} terbuat dari bahan manganin. Bila temperatur naik menjadi 30°C hitung perubahan pembacaan alat ukur




Kenaikan temperature akan menyebabkan R_m berubah menjadi $5,2 \text{ K}\Omega = 5200\Omega$, sedangkan R_{sh} tetap karena dari bahan manganin

$$m = \frac{R_m + R_{sh}}{R_{sh}} = \frac{5200 + 5,005}{5,005} = 1040$$

Bila pada 20°C penunjukan 100 mA maka pada 30°C penunjukan akan menjadi

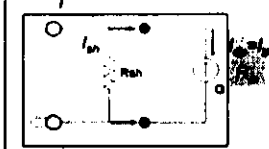
$$\frac{1000}{1040} \times 100 \text{ mA} = 96 \text{ mA}$$

C. Ampermeter DC



Merancang Rsh Ampermeter Praktis

- Misal sebuah galvanometer memiliki arus defleksi penuh (I_{dp}) = 100 μA dan tahanan dalam 1500 Ω akan digunakan untuk membuat ampermeter dengan kemampuan 50 mA dan 100 mA



Menghitung R_{sh} dapat digunakan persamaan

$$R_{sh} = \frac{R_m}{m - 1} \text{ atau } R_{sh} = \frac{I_m R_m}{I - I_m}$$

$$R_{sh} = \frac{I_m R_m}{I}$$

$$\rightarrow m = \frac{I}{I_{dp}} \quad I_{sh} = I - I_m$$

C. Ampermeter DC



$$m = \frac{50\text{mA}}{100\mu\text{A}} = 500$$

$$R_{sh} = \frac{1500}{500 - 1} \approx 3 \Omega$$

Untuk range 100 mA

$$m = \frac{100\text{mA}}{100\mu\text{A}} = 1000$$

$$R_{sh} = \frac{1500}{1000 - 1} \approx 1.5 \Omega$$

$$R_{sh} = \frac{I_m R_m}{I - I_m} = \frac{100\mu\text{A} \times 1500 \Omega}{50\text{mA} - 100\mu\text{A}}$$

$$R_{sh} = \frac{0,15 \text{ V}}{0,0499 \text{ A}} \approx 3 \Omega$$

Untuk range 100 mA

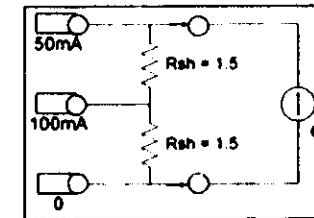
$$R_{sh} = \frac{100\mu\text{A} \times 1500 \Omega}{100\text{mA} - 100\mu\text{A}}$$

$$R_{sh} = \frac{0,15 \text{ V}}{0,0999 \text{ A}} \approx 1,5 \Omega$$

C. Ampermeter DC



Dalam rangkaian praktis dapat dibuat

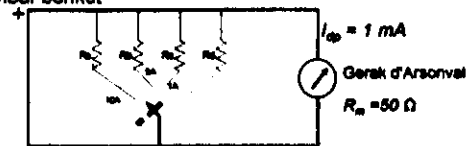


SHUNT AYRTON



- Batas ukur sebuah ampermeter dapat divariasikan (diperkecil atau diperbesar) dengan menggunakan sejumlah tahanan shunt yang dapat dipilih melalui saklar rangkuman.
- Alat ukur seperti ini disebut ammeter rangkuman ganda (multirange ammeter).
- Saklar yang digunakan dalam rangkuman ganda seperti ini harus jenis saklar posisi ganda yang dapat menyambung sebelum memutuskan (make-before break), sehingga alat ukur tidak rusak.

Desain dari rangkuman ganda seperti ini ditunjukkan pada gambar berikut



SHUNT AYRTON



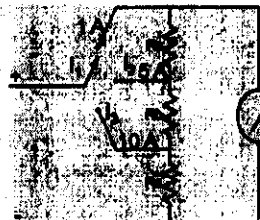
- Dari gambar →
 - ada empat buah tahanan shunt R_a , R_b , R_c , dan R_d yang dipasang tersusun paralel dengan alat ukur.
 - Tiap tahanan shunt akan menghasilkan batas pengukuran yang berbeda sehingga terdapat tiga macam batas ukur
 - rangkaian ini tetap rentan terhadap kerusakan, karena kegagalan saklar untuk terhubung pada sebuah tahanan saat tahanan lain lepas dapat menyebabkan rangkaian berada dalam keadaan tanpa tahanan shunt sehingga dapat merusak alat ukur.
 - keuntungannya jika ada R_{sh} yang rusak R_{sh} yang lain masih dapat dipakai.

SHUNT AYRTON



- Untuk mencegah hal ini dirancang Shunt universal atau shunt Ayrton
- Rangkaian shunt Ayrton dibangun dengan memasang sejumlah tahanan shunt secara seri sehingga diperoleh tahanan total sedikit lebih besar

Amperemeter rangkuman ganda shunt universal



$I_{gp} = 1 \text{ mA}$

Gerak d'Arsonval
 $R_m = 50 \Omega$

C. Amperemeter DC



- Tahanan shunt pada rangkaian ini dibangun oleh R_a , R_b , dan R_c . Tahanan shunt untuk tiap range dapat ditentukan dengan persamaan

$$R_{sh} = \frac{I_m R_m}{I_s}$$

- Untuk batas ukur I_1 ,

$$R_a + R_b + R_c = \frac{I_m R_m}{I_{sh}}$$

- Untuk batas ukur I_2 ,

$$R_b + R_c = \frac{I_m (R_m + R_a)}{I_{sh}}$$

- Untuk batas ukur I_3 ,

$$R_c = \frac{I_m (R_m + R_a + R_b)}{I_{sh}}$$

C. Amperemeter DC

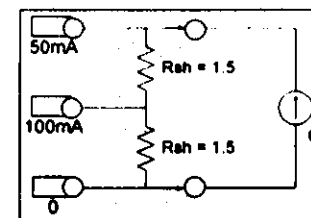


Sebuah gerakan d'Arsonval yang memiliki tahanan dalam 50Ω dan arus defleksi penuh 1 mA akan digunakan sebagai amperemeter dengan batas ukur $1A$, $5A$, dan $10A$. Tentukan tahanan-tenanan yang harus dipasang pada model shunt Ayrton

C. Amperemeter DC

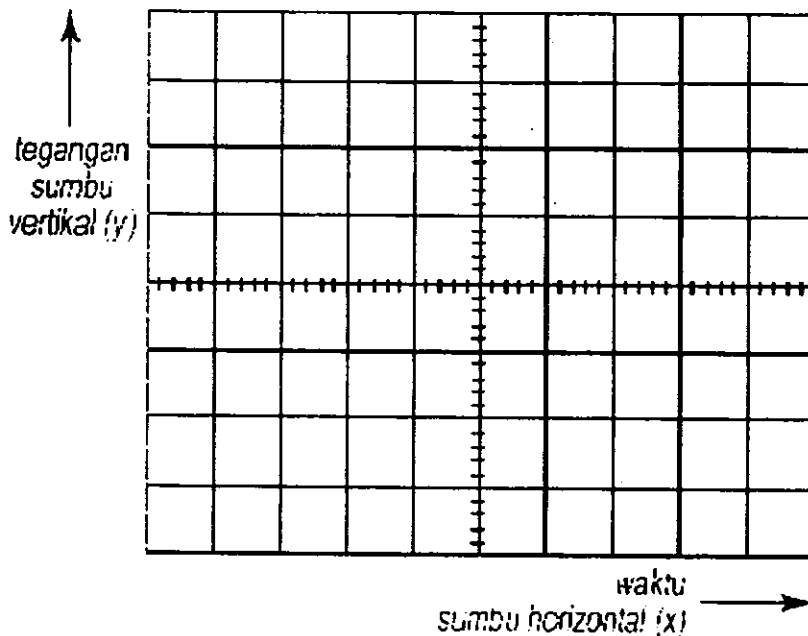


Dalam rangkaian praktis dapat dibuat



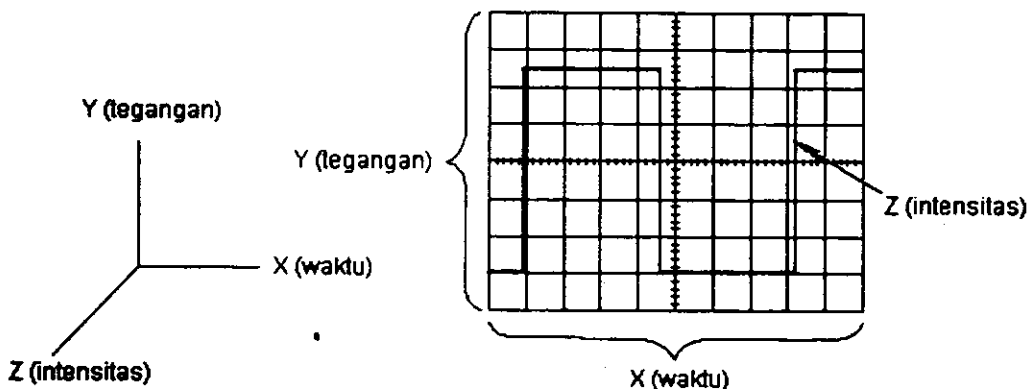
OSILOSKOP

Osiloskop adalah alat ukur besaran listrik yang dapat memetakan sinyal listrik. Pada kebanyakan aplikasi, grafik yang ditampilkan memperlihatkan bagaimana sinyal berubah terhadap waktu. Seperti yang bisa anda lihat pada gambar di bawah ini ditunjukkan bahwa pada sumbu vertical (Y) merepresentasikan tegangan V , pada sumbu horizontal (X) menunjukkan besaran waktu t . Layar osiloskop dibagi atas 8 kotak skala besar dalam arah vertikal dan 10 kotak dalam arah horizontal. Tiap kotak dibuat skala yang lebih kecil. Sejumlah tombol pada osiloskop digunakan untuk mengubah nilai skala-skala tersebut.

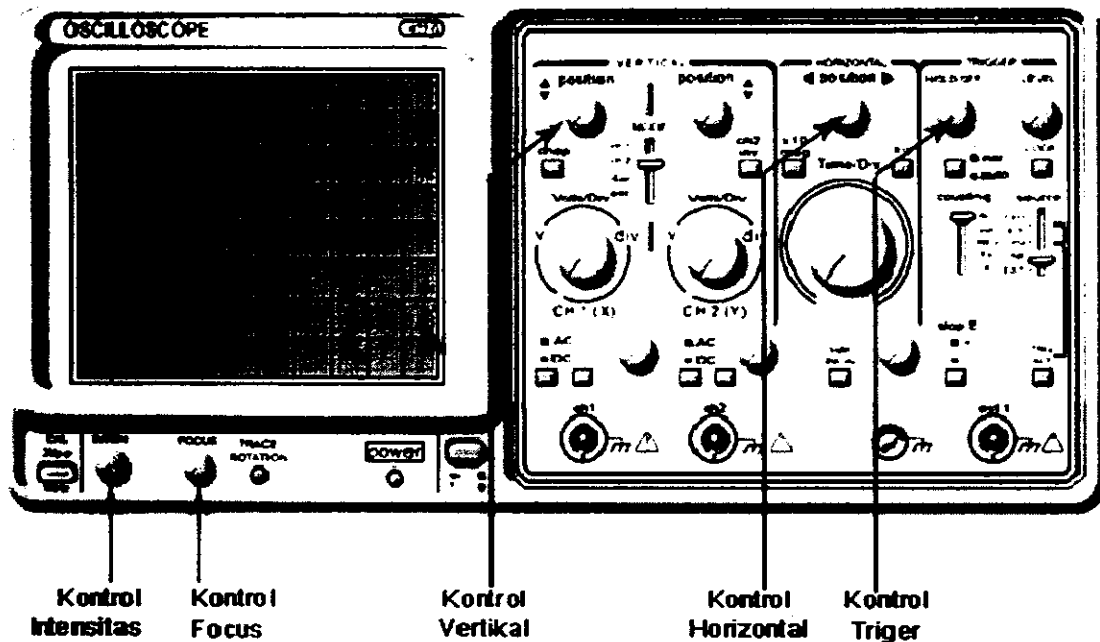


Gambar 1. Skala pada osiloskop

Osiloskop 'Dual Trace' dapat memperagakan dua buah sinyal sekaligus pada saat yang sama. Cara ini biasanya digunakan untuk melihat bentuk sinyal pada dua tempat yang berbeda dalam suatu rangkaian elektronik. Kadang-kadang sinyal osiloskop juga dinyatakan dengan 3 dimensi. Sumbu vertical (Y) merepresentasikan tegangan V dan sumbu horizontal (X) menunjukkan besaran waktu t . Tambahan sumbu Z merepresentasikan intensitas tampilan osiloskop. Tetapi bagian ini biasanya diabaikan karena tidak dibutuhkan dalam pengukuran.



Gambar 2. Bentuk keluaran sinyal osiloskop 3 dimensi (V,t,Z)
Wujud/ bangun dari sebuah osiloskop seperti gambar berikut



Gambar 3. Osiloskop analog Goodwill seri 622 G

BESARAN YANG DAPAT DIUKUR DENGAN OSILOSKOP

Osiloskop sangat penting untuk analisa rangkaian elektronik. Osiloskop penting bagi para montir alat-alat listrik, para teknisi dan peneliti pada bidang elektronika dan sains karena dengan osiloskop kita dapat mengetahui besaran-besaran listrik dari gejala-gejala fisis yang dihasilkan oleh sebuah transducer. Para teknisi otomotif juga memerlukan alat ini untuk mengukur getaran/vibrasi pada sebuah mesin. Jadi dengan osiloskop kita dapat menampilkan sinyal-sinyal listrik yang berkaitan dengan waktu. Dan banyak sekali teknologi yang berhubungan dengan sinyal-sinyal tersebut.

Contoh beberapa kegunaan osiloskop :

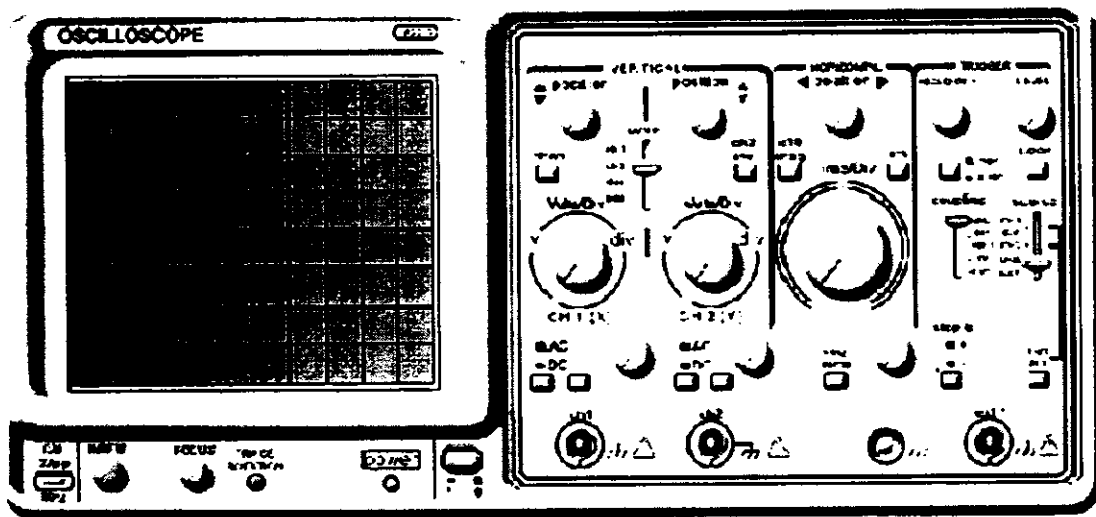
- o Mengukur besar tegangan listrik dan hubungannya terhadap waktu.
- o Mengukur frekuensi sinyal yang beresilasi.
- o Mengecek jalannya suatu sinyal pada sebuah rangkaian listrik.
- o Membedakan arus AC dengan arus DC.
- o Mengecek noise pada sebuah rangkaian listrik dan hubungannya terhadap waktu.

Analog dan Digital

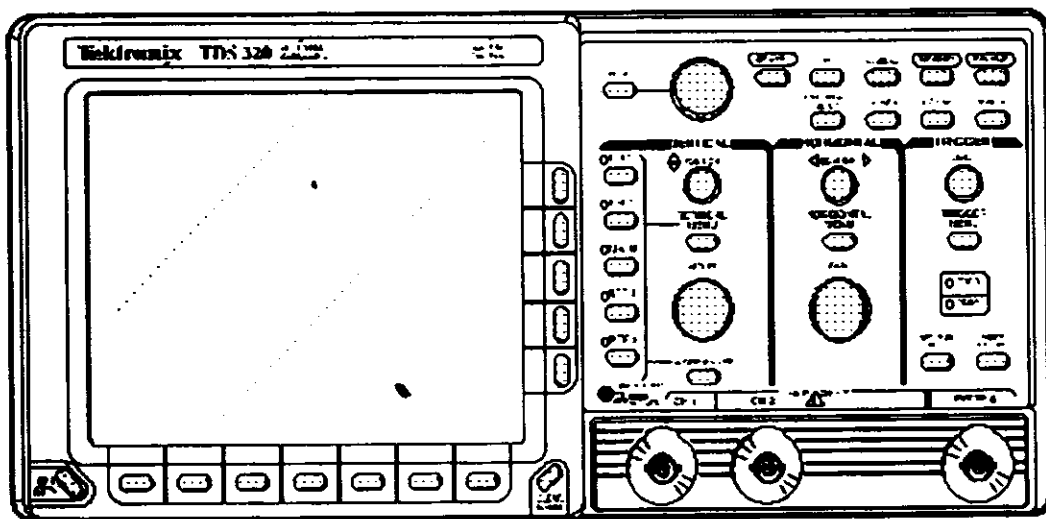
Seperti halnya alat-alat elektronik lainnya, osiloskop dikelompokkan menjadi dua bagian berdasarkan cara kerjanya, yaitu: osiloskop analog dan osiloskop digital. Osiloskop analog menggunakan tegangan yang diukur untuk menggerakkan berkas elektron dalam tabung gambar

ke atas atau ke bawah sesuai dengan bentuk gelombang yang diukur. Pada layar osiloskop dapat langsung ditampilkan bentuk gelombang tersebut. Sebaliknya, osiloskop digital mencuplik bentuk gelombang yang diukur dan dengan menggunakan ADC(Analog to Digital Converter) untuk mengubah besaran tegangan yang dicuplik menjadi besaran digital. Isyarat digital ini kemudian direka-ulang menjadi bentuk gelombang seperti aslinya yang hasilnya dapat ditampilkan pada layar.

Modul ini difokuskan pada osiloskop analog saja, sebagaimana osiloskop yang dipergunakan pada saat praktikum, sedangkan osiloskop digital hanya akan disinggung sebagai wawasan saja.



Gambar 4. Osiloskop Analog



Gambar 5. Osiloskop Digital

KINERJA OSILOSKOP

Istilah yang dijelaskan pada bagian ini akan sering digunakan untuk membicarakan kehandalan sebuah osiloskop.

a. Lebar Pita (Bandwidth)

Spesifikasi bandwidth menunjukkan daerah frekuensi yang dapat diukur oleh osiloskop dengan akurat. Sejalan dengan peningkatan frekuensi, kapabilitas dari osiloskop untuk mengukur secara akurat semakin menurun. Berdasarkan perjanjian, bandwidth menunjukkan frekuensi ketika sinyal yang ditampilkan tereduksi menjadi 70.7% dari sinyal sinus yang digunakan. (angka 70.7% mengacu pada titik "-3 dB", sebuah istilah yang berdasar pada skala logaritmik

b. Rise Time

Rise Time adalah cara lain untuk menjelaskan daerah frekuensi yang berguna dari sebuah osiloskop. Perubahan sinyal rendah ke tinggi yang cepat, pada gelombang persegi, menunjukkan rise time yang tinggi. Rise time menjadi sebuah pertimbangan penting ketika digunakan dalam pengukuran pulsa dan sinyal tangga. Sebuah osiloskop hanya dapat menampilkan pulsa yang risetime-nya lebih rendah dari rise time osiloskop

c. Sensitivitas Vertikal

Sensitivitas vertikal menunjukan berapa kemampuan penguatan vertikal untuk memperkuat sinyal lemah. Sensitivitas vertikal biasanya bersatuan mVolt/div (milivolt per div). Sinyal terlemah yang dapat ditangkap oleh osiloskop umumnya adalah 2 mV/div.

d. Kecepatan Sapuan (Sweep Speed).

Pada osiloskop analog, spesifikasi ini menunjukkan berapa cepat "trace" dapat menyapu sepanjang layar, yang memudahkan untuk mendapatkan detail dari sinyal. Kecepatan sapuan tercepat dari sebuah osiloskop biasanya bersatuan nanodetik/div (ns/Div)

e. Akurasi Gain

Akurasi penguatan menunjukkan seberapa teliti sistem vertikal melemahkan atau menguatkan sebuah sinyal.

f. Basis Waktu dan Akurasi Horizontal

Akurasi horizontal menunjukkan seberapa teliti sistem horizontal menampilkan waktu dari sinyal. Biasanya hal ini dinyatakan dengan % error.

g. Sample Rate

Pada osiloskop digital, sampling rate menunjukkan laju pencuplikan yang bisa ditangkap oleh ADC (tentu saja sama dengan osiloskop). Sample rate maksimum ditunjukkan dengan megasample/detik (MS/s). Semakin cepat osiloskop mencuplik sinyal, semakin akurat osiloskop

menunjukkan detil suatu sinyal yang cepat. Sample rate minimum juga penting jika diperlukan untuk melihat perubahan kecil sinyal yang berlangsung dalam waktu yang panjang.

h. Resolusi ADC (Resolusi Vertical)

Resolusi dari ADC (dalam bit) menunjukkan seberapa tepat ADC dapat mengubah tegangan masukan menjadi nilai digital.

i. Panjang Record

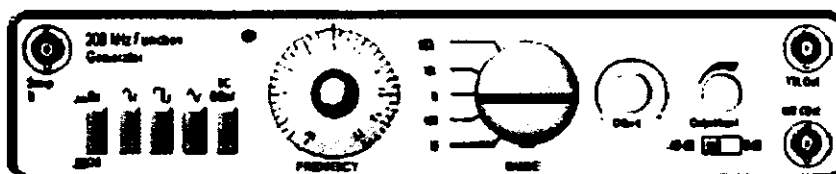
Panjang record dari sebuah osiloskop digital menunjukkan berapa banyak gelombang dapat disimpan dalam memori. Tiap gelombang terdiri dari sejumlah titik. Titik-titik ini dapat disimpan dalam sebuah record gelombang. Panjang maksimum dari record bergantung dari banyaknya memori dalam osiloskop. Karena osiloskop hanya dapat menyimpan dalam jumlah yang terbatas ada pertimbangan antara detail record dan panjang record. Karena itu kita dapat memperoleh sebuah gambaran detil untuk waktu yang pendek atau gambaran yang kurang mendetil untuk jangka waktu yang lebih lama. Pada Beberapa osiloskop kita dapat menambahkan memori untuk meningkatkan panjang record.

SUMBER SINYAL

Makna umum dari sebuah pola yang berulang terhadap waktu disebut gelombang, termasuk didalamnya gelombang suara, otak maupun listrik. Satu siklus dari sebuah gelombang merupakan bagian dari gelombang yang berulang. Sebuah bentuk gelombang (*waveform*) merupakan representasi grafik dari sebuah gelombang. Bentuk gelombang tegangan menunjukkan waktu pada sumbu horizontal dan amplitudo tegangan pada sumbu vertikal.

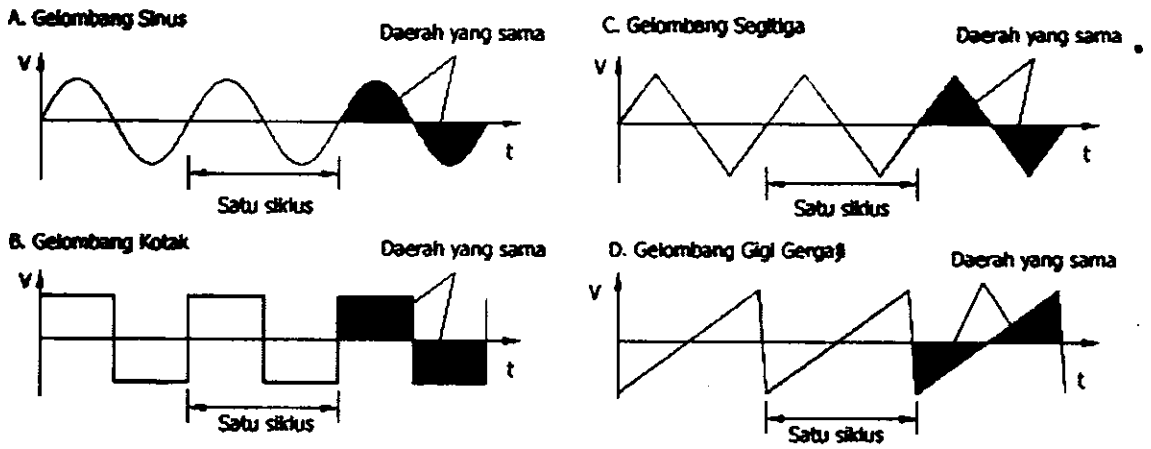
Sebuah bentuk gelombang dapat menunjukkan berbagai hal tentang sebuah sinyal. Naik-turunnya gelombang menunjukkan perubahan tegangan. Sebuah garis yang datar menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan pada jangka waktu tersebut. Garis diagonal menunjukkan perubahan linear - meningkat atau menurunnya tegangan dengan laju tetap. Sudut yang tajam menunjukkan perubahan mendadak.

Sumber gelombang listrik (sinyal listrik) dapat berasal dari berbagai macam, seperti: dari signal generator (pembangkit sinyal), jala-jala listrik, rangkaian elektronik, dll. Beberapa diantaranya ditunjukkan pada gambar di bawah.

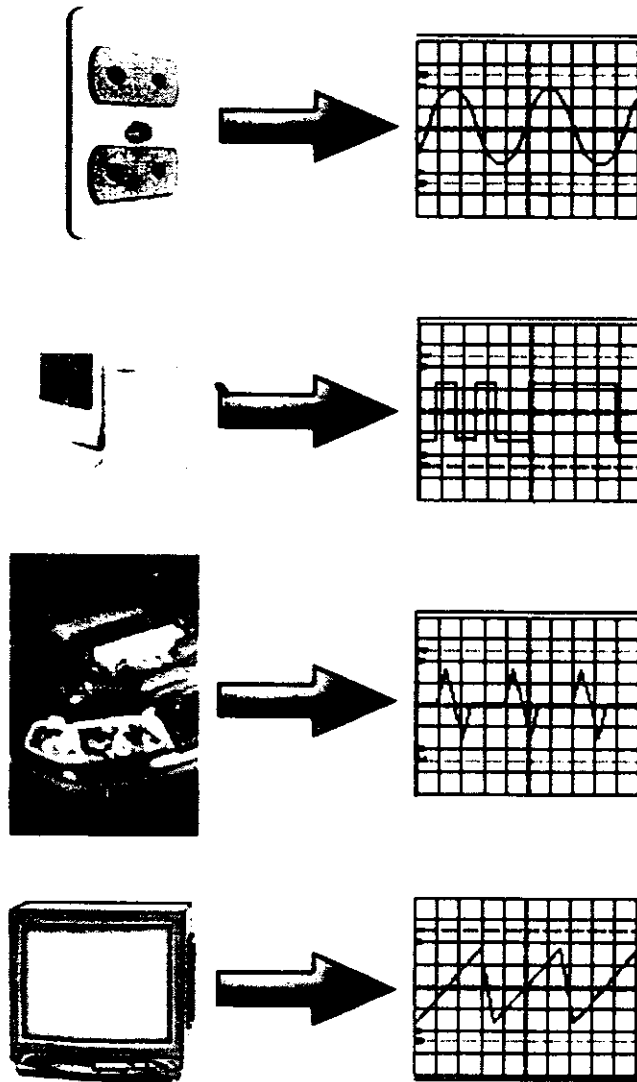


Gambar 6. Generator sinyal

Bentuk keluaran dari generator sinyal



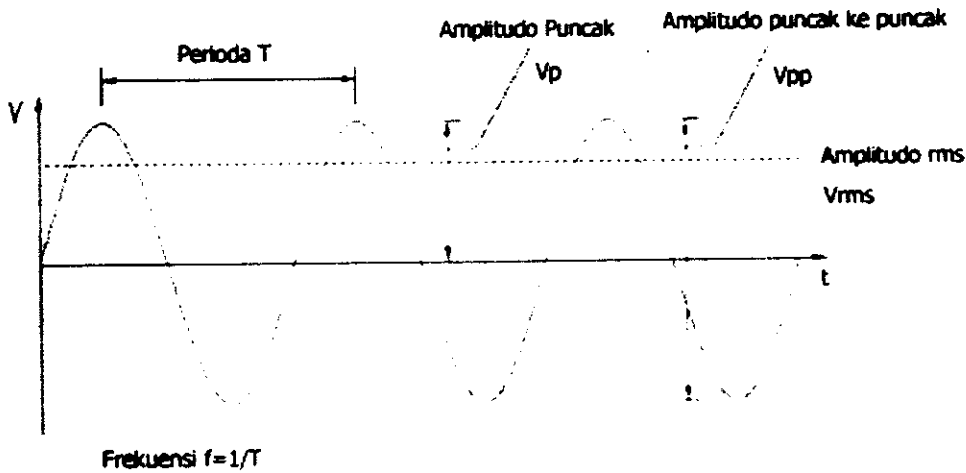
Gambar 7. Keluaran generator sinyal untuk berbagai bentuk gelombang



Gambar 8. Sumber sinyal dan bentuk-bentuk gelombang keluarannya.

GELOMBANG SINUS

Gelombang sinus adalah gelombang yang berbentuk fungsi sinus seperti yang digunakan dalam trigonometri. Dalam elektronika, gelombang sinus memegang peranan yang sangat penting dalam menguji dan menganalisa rangkaian.



Gambar 9. Bentuk Gelombang sinus

Besaran gelombang :

Perioda (T) : Waktu yang dibutuhkan satu siklus pengulangan secara lengkap. Perioda dapat diukur dengan cara mengukur waktu interval antara dua puncak gelombang yang berdekatan

$$T = \frac{1}{f}$$

Frekuensi (f) : Jumlah siklus (gelombang) dalam satu detik, satuannya dinyatakan dalam hertz, Hz. 1 Hz = 1 siklus per detik. Bila diketahui perioda, maka dapat dihitung frekuensinya dengan persamaan:

$$f = \frac{1}{T}$$

Frekuensi sinyal yang digunakan dapat bervariasi dari sekitar 0.1 Hz, kilohertz, (kHz), atau orde megahertz (MHz)

Amplitudo (A) : adalah tingginya puncak gelombang sinus. Amplitudo ini dapat dinyatakan dengan beberapa cara :

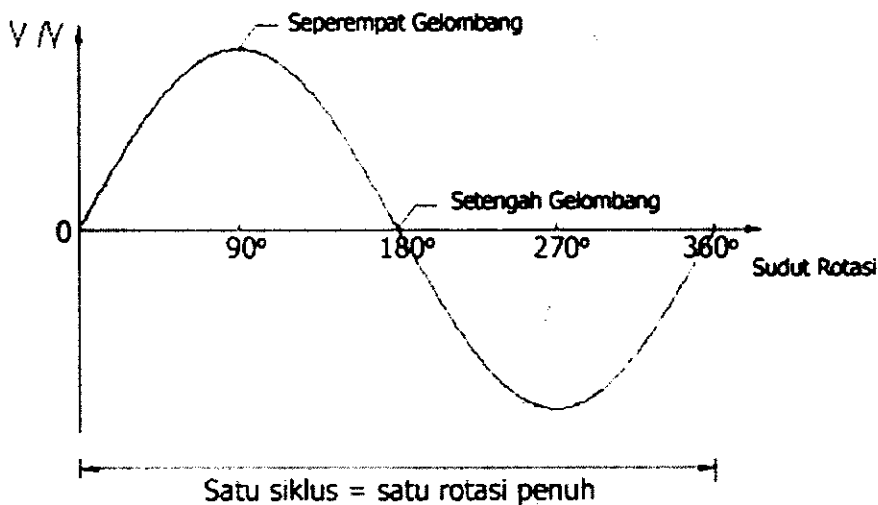
Amplitudo puncak (V_p) : Diukur dari sumbu X ,0 volt, ke puncak tertinggi/(terendah) dari gelombang.

Amplitudo puncak ke puncak (V_{pp}) : Diukur dari puncak tertinggi ke puncak terendah. Dalam praktek, mengukur V_{pp} lebih mudah daripada mengukur V_p . Besarnya V_{pp} sama dengan 2 kali V_p . Walaupun V_{pp} pada osiloskop lebih mudah diukur, tetapi mengukur amplitudo rms lebih disukai karena tegangan rms menggambarkan tegangan efektif, yang biasa dicantumkan dalam informasi arus bolak-balik. Amplitudo rms dapat ditulis:

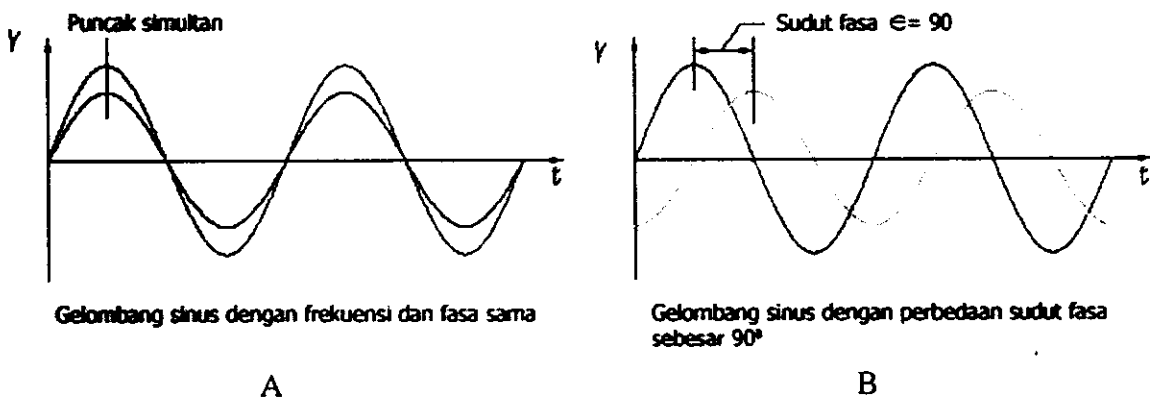
$$V_{\text{rms}} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \quad \text{atau} \quad V_{\text{rms}} = 0.7 \times V_p$$

$$V_p = \sqrt{2} \times V_{\text{rms}} \quad \text{atau} \quad V_p = 1.4 \times V_{\text{rms}}$$

Fasa (θ) : Kadang-kadang gelombang sinus dibagi-bagi dalam sudut fasanya (dalam derajat) seperti berikut:



Bila dua buah gelombang sinus mempunyai frekuensi yang sama dan terjadi pada saat yang sama, maka kedua gelombang tersebut dikatakan sefasa (*in phase*):

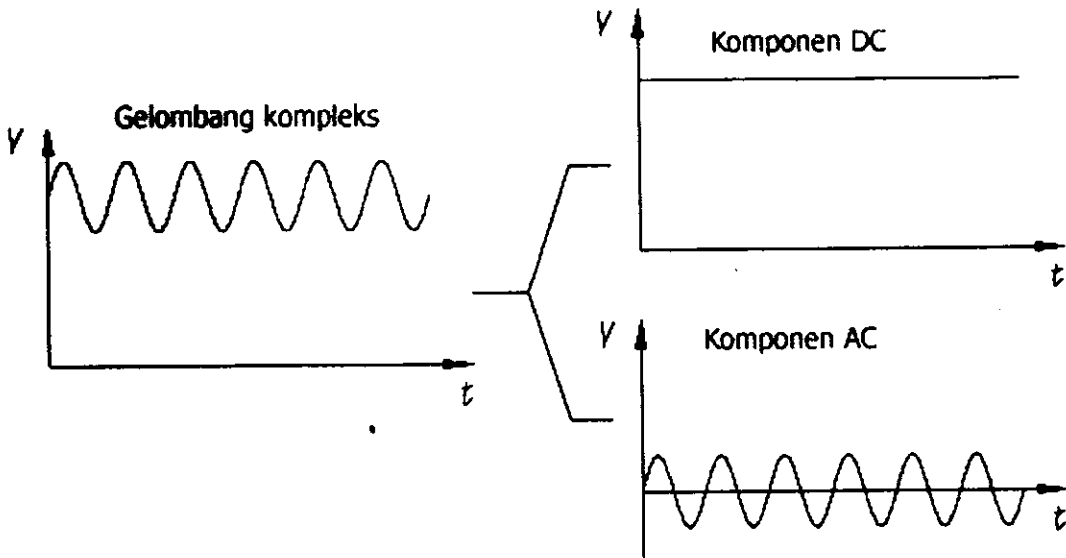


Gambar 10. Gelombang sinus fasa sama dan berbeda

Sebaliknya, bila kedua gelombang tersebut terjadi pada waktu yang berbeda, maka dikatakan kedua gelombang tersebut tidak sefasa (*out of phase*). Bila ini terjadi, perbedaan fasa tersebut dinyatakan dalam sudut fasa. Pada gambar B, beda sudut fasa kedua gelombang tersebut = 90° . Bentuk sinusoidal yang teredam (*damped sine*) merupakan kasus khusus yang dapat anda lihat pada sirkuit yang berosilasi namun semakin mengecil bersama waktu.

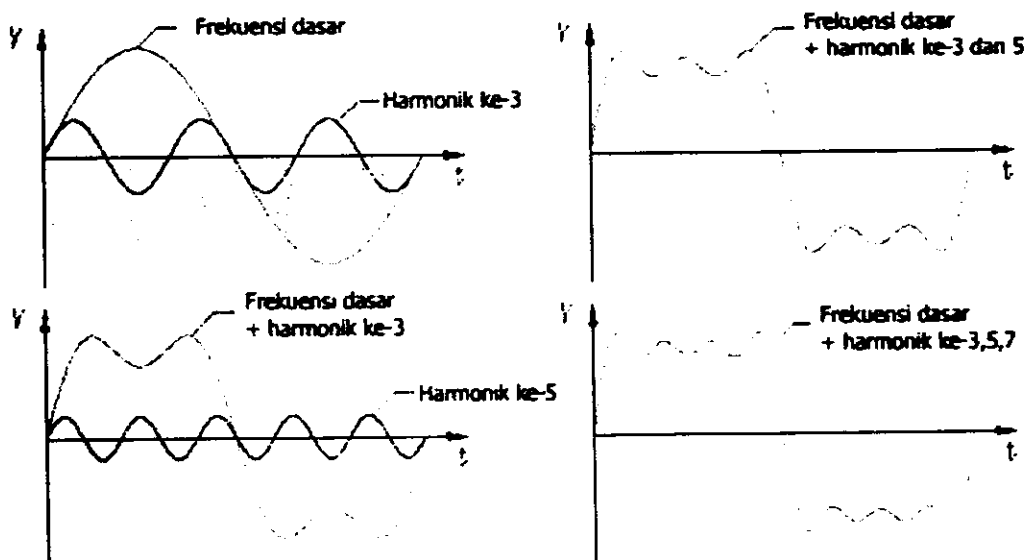
KOMBINASI GELOMBANG

Gelombang sinus dapat dicampur dengan gelombang DC atau dengan gelombang sinus lainnya untuk menghasilkan gelombang yang baru, berupa gelombang yang kompleks (kompleks tidak berarti sulit). Berikut adalah contoh gelombang kompleks:



Gambar 11. Kombinasi Gelombang

Contoh berikut merupakan kombinasi gelombang sinus dengan frekuensi dasar digabungkan dengan gelombang harmoniknya (dengan frekuensi 3 kali dari frekuensi dasar, dan amplitudo lebih rendah), kemudian dikombinasikan lagi dengan gelombang harmoniknya yang lain (ke 5 dan ke 7):



Gambar 12. Contoh output kombinasi gelombang

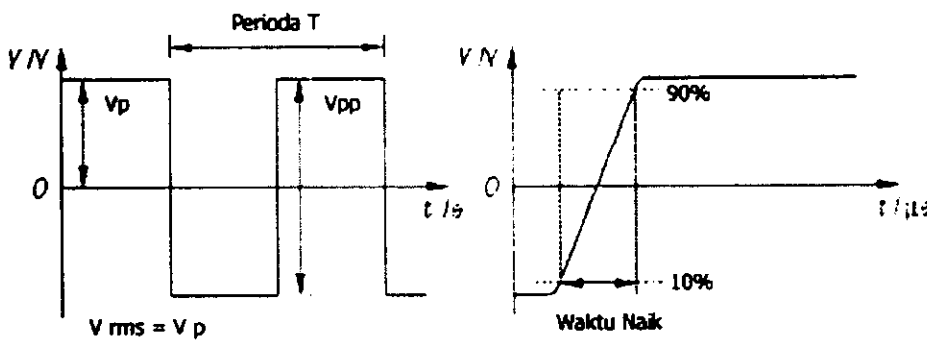
Seperti yang terlihat pada gambar, jika terus dikombinasikan dengan harmonik lainnya yang ganjil, akan mendekati bentuk gelombang persegi. Ilustrasi ini diformulasikan oleh ahli matematika terkenal, Joseph Fourier, yang mengatakan bahwa setiap gelombang kompleks dapat

dibangun dari gelombang sinus dengan harmoniknya. Jadi, setiap gelombang yang periodik dapat dinyatakan sebagai kombinasi linier dari gelombang sinus.

GELOMBANG KOTAK (SQUARE)

Gelombang kotak merupakan bentuk umum gelombang yang lain. Pada dasarnya gelombang kotak adalah tegangan yang dihidupkan dan dimatikan (kondisi high dan low) pada interval yang teratur. Rangkaian elektronik digital, seperti pada komputer, TV, radio, dll, seringkali menggunakan gelombang kotak sebagai sinyal pewaktuan (*timing signals*).

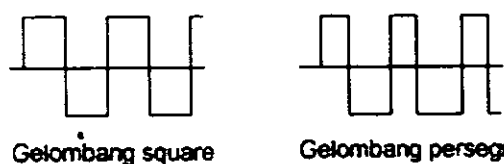
Seperti gelombang sinus, gelombang kotak juga diuraikan dalam perioda, frekuensi dan amplitudo:



Gambar 13. Gelombang Kotak

Amplitudo puncak (V_p), amplitudo puncak ke puncak (V_{pp}), diukur seperti pada gelombang sinus. Tetapi, amplitudo rms gelombang kotak adalah lebih besar dari amplitudo rms gelombang sinus. Walaupun gelombang kotak dapat berubah dengan cepat dari posisi minimum ke posisi maksimum, perubahan ini tetap memerlukan waktu. Didefinisikan rise time (waktu naik) suatu sinyal adalah waktu yang dibutuhkan nilai tegangan berubah dari 10% ke 90% nilai maksimumnya. Rise time ini biasanya sangat pendek, dalam orde nanoseconds ($1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$), atau microseconds ($1 \mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$), seperti terlihat pada Gambar 13.

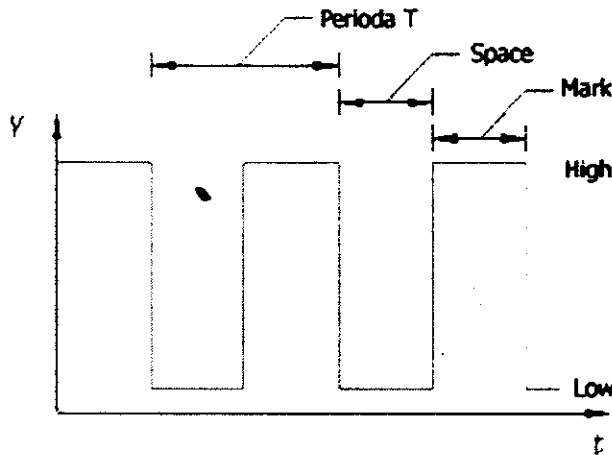
Gelombang persegi (rectangular) menyerupai gelombang kotak, hanya interval waktu kondisi high dan low tidak memiliki panjang yang sama. Kedua gelombang tersebut cukup penting untuk menganalisa rangkain elektronik



Gambar 14. Gelombang persegi

Gelombang Pulsa

Gelombang pulsa mirip dengan gelombang kotak kecuali bahwa gelombang pulsa semuanya terletak di atas sumbu X. Pada awalnya, tegangan berubah mendadak dari level Low, dekat sumbu X, ke level High, biasanya dekat dengan tegangan catu daya

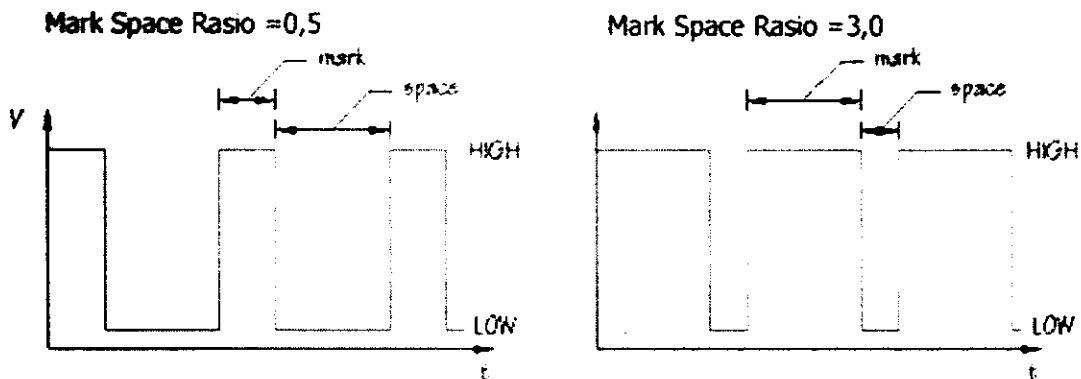


Gambar 15. Gelombang pulsa

Adapun istilah 'frekuensi' pulsa didefinisikan sebagai laju pengulangan (*repetition rate*), yaitu jumlah siklus per detik (hertz, Hz). Waktu keadaan High dari pulsa gelombang disebut *mark*, dan waktu Low disebut *space*. Perbandingan kedua besaran tersebut disebut *mark space ratio*:

$$\text{mark space ratio} = \frac{\text{HIGH time}}{\text{LOW time}}$$

Mark space ratio = 1.0 berarti waktu Low = waktu High.



Gambar 16. Contoh Gelombang pulsa dengan mark space berbeda

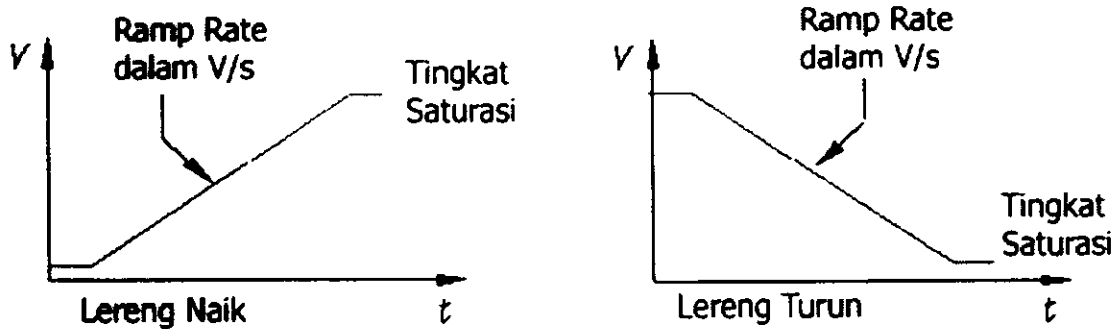
Cara lain yang populer untuk menyatakan perbandingan waktu High dengan perioda gelombang adalah yang disebut *duty cycle*, yaitu:

$$\text{duty cycle} = \frac{\text{HIGH time}}{\text{period}} \times 100\%$$

Bila *duty cycle* kurang dari 50%, maka waktu High nya lebih rendah waktu Low.

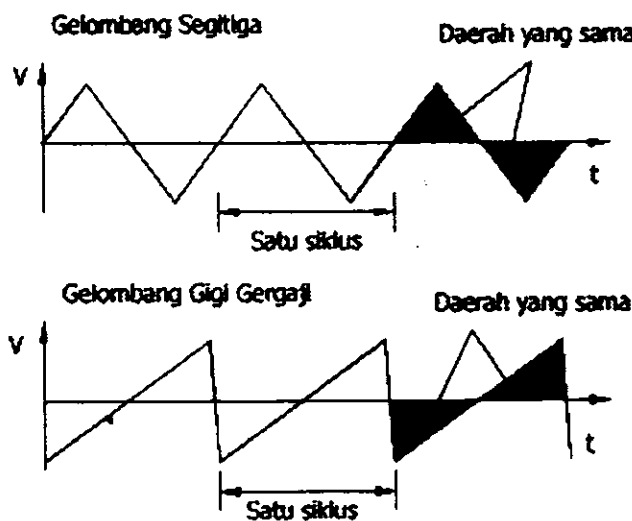
GELOMBANG SEGITIGA DAN GIGI GERGAJI

Tegangan Ramp adalah tegangan yang naik atau turun seperti ditunjukkan pada gambar 17. Ramp rate dinyatakan dalam volt per detik (V/s)



Gambar 17. Tegangan ramp

Gelombang segitiga terdiri dari gelombang ramp yang berubah-ubah dari positif ke negatif secara bergantian. Pada gelombang segitiga, laju perubahan tegangan dari ramp positif dan ramp negatif dalam tiap siklus sama besar, sedangkan pada gelombang gigi gergaji tidak sama besar.



Gambar 18. Tegangan ramp pada gelombang segitiga dan gigi gergaji

SET UP OSILOSKOP

Bagian ini akan menjelaskan secara detail bagaimana mempersiapkan dan mulai menggunakan osiloskop, terutama bagaimana meng-ground-kan osiloskop, mengeset kontrol pada posisi standar, dan mengkompensasi probe.

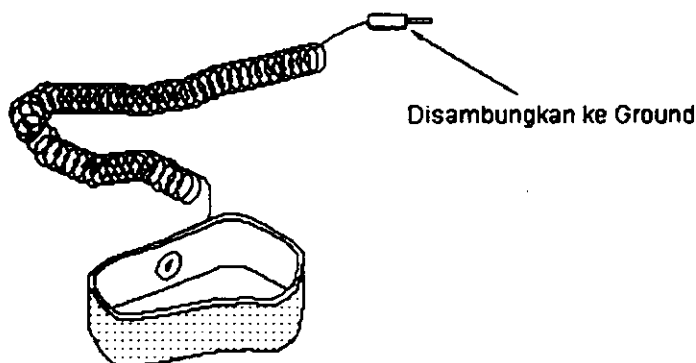
Pentanahan

Grounding (pentanahan) osiloskop melindungi kita dari kejutan listrik dan melindungi rangkaian dari kerusakan. Grounding osiloskop dibutuhkan untuk keamanan. Kotak osiloskop, yang biasanya terbuat dari logam, seringkali dihubungkan dengan bagian netral dari jala-jala listrik.

Di Indonesia, seringkali kontak netral pada jala-jala listrik tidak dipasang, sehingga jika kotak osiloskop terhubung dengan tegangan tinggi, dan kita menyentuh kotak tersebut maka bisa membahayakan kita. Untuk mengatasi ini, kotak tersebut perlu dihubungkan ke tanah (digroundkan). Jika kotak tersebut tersentuh tangan, arus akan lebih memilih melewati jalan ground menuju ke bumi dari pada melewati kita terus menuju ke bumi

Mentanahkan osiloskop berarti menghubungkan osiloskop ke titik dengan muatan listrik netral(seperti bumi misalnya). Caranya adalah dengan memasang kawat daya pada kotak osiloskop dan menanamkan ujung lainnya ke bumi. Tetapi beberapa osiloskop tidak memerlukan penghubungan dengan bumi. Osiloskop ini memiliki selubung dan pengendali yang terselubung, yang menjaga kemungkinan-kemungkinan kejutan berbahaya kepada pengguna. Pentanahan juga diperlukan sebagai acuan pengukuran. Rangkaian yang akan diukur menggunakan acuan yang sama, sehingga diperoleh pengukuran yang akurat.

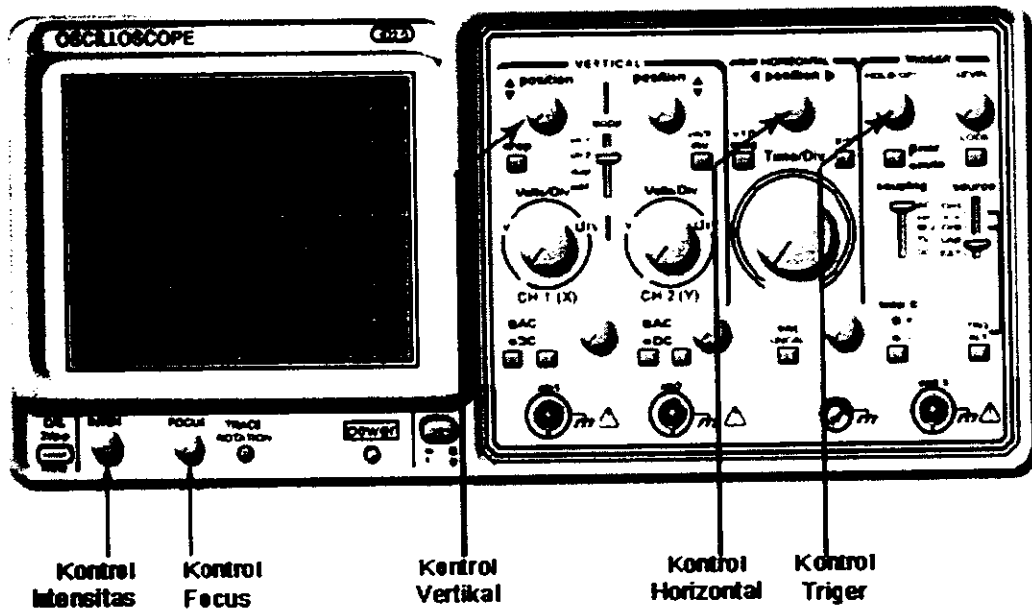
Jika kita bekerja dengan IC (*integrated circuit*) kita juga butuh mentanahkan diri sendiri. IC CMOS mudah rusak oleh muatan listrik statis yang terdapat pada tubuh kita. Untuk mengatasi hal ini gunakan grounding strap (lihat gambar berikut). Muatan-muatan statis pada tubuh akan dibuang ke tanah.



Gambar 19. Peralatan Graunding

Panel Kendali

Setelah pentanahan osiloskop, perhatikan bagian depan. Bagian ini dibagi atas 3 bagian lagi yang diberi nama Vertical, Horizontal, and Trigger. Osiloskop anda mungkin mempunyai bagian-bagian tambahan lainnya tergantung pada model dan tipe osiloskop (analog atau digital). Perhatikan bagian input. Bagian ini adalah tempat anda memasukkan input. Kebanyakan osiloskop paling sedikit mempunyai 1 input dan masing-masing input dapat menampilkan tampilan gelombang di monitor peraga. Penggunaan secara bersamaan digunakan untuk tujuan membandingkan input atau output



Gambar 20. Tampilan Depan Panel Kontrol

1. Tombol kontrol Volts/Div dengan pengatur tambahan untuk kalibrasi
2. Tombol Time/Div dengan pengatur tambahan untuk kalibrasi
3. Pastikan lokasi terminal untuk sinyal kalibrasi.
4. Tombol Trigger atau Hold Off
5. Tombol pengatur intensitas dan pengatur fokus.
6. Pengatur posisi gambar arah vertikal (V pos.) dan arah horizontal (H pos.)
7. Jika menggunakan osiloskop "Dual Trace", ada selektor kanal 1, 2, atau dual.
8. Pastikan lokasi terminal masukan kanal 1 dan kanal 2.

Probe

Probe adalah kabel penghubung yang ujungnya diberi penjepit, dengan penghantar berkualitas, dapat meredam sinyal-sinyal gangguan, seperti sinyal radio atau noise yang kuat. Probe didesain untuk tidak mempengaruhi rangkaian yang diukur. Hambatan keluaran dari osiloskop mungkin saja membebani rangkaian yang akan diukur. Untuk meminimumkan pengaruh pembebanan, anda mungkin perlu menggunakan probe peredam (pasif) 10 X.

Pada umumnya Osiloskop sudah dilengkapi dengan probe pasif sebagai standar pelengkap. Probe pasif berguna sebagai alat untuk tujuan pengujian tertentu dan troubleshooting. Untuk pengukuran atau pengujian yang spesifik, beberapa probe yang lain mungkin diperlukan. Misalnya probe aktif dan probe arus.

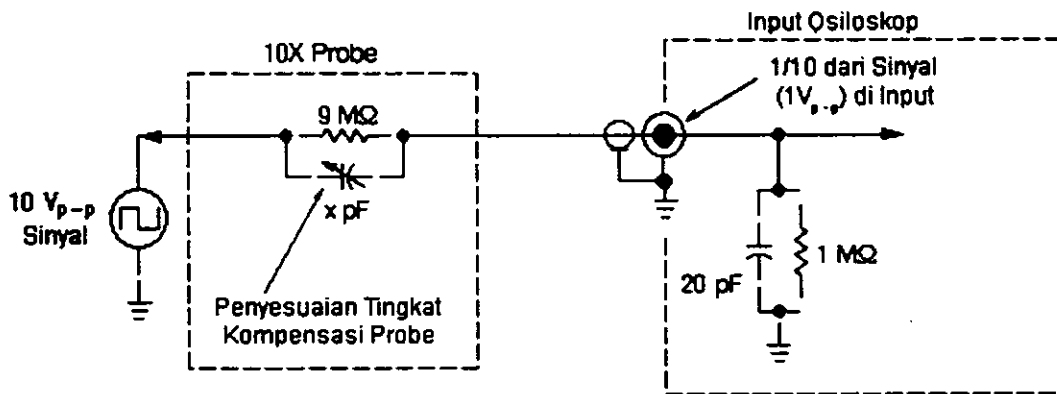
Menggunakan Probe Pasif

Kebanyakan probe pasif mempunyai beberapa faktor derajat peredaman, seperti 10 X, 100 X dll. Menurut kesepakatan, tulisan 10 X berarti faktor redamannya 10 kali. Amplitudo tegangan sinyal yang masuk akan diredam 10 kali, Besarnya tegangan yang terukur oleh osiloskop harus dikalikan 10. Bedakan dengan tulisan X 10, berarti faktor penguatannya 10 kali. Amplitudo

tegangan sinyal yang masuk akan diperbesar 10 kali. Besarnya tegangan yang terukur oleh osiloskop harus dibagi 10.

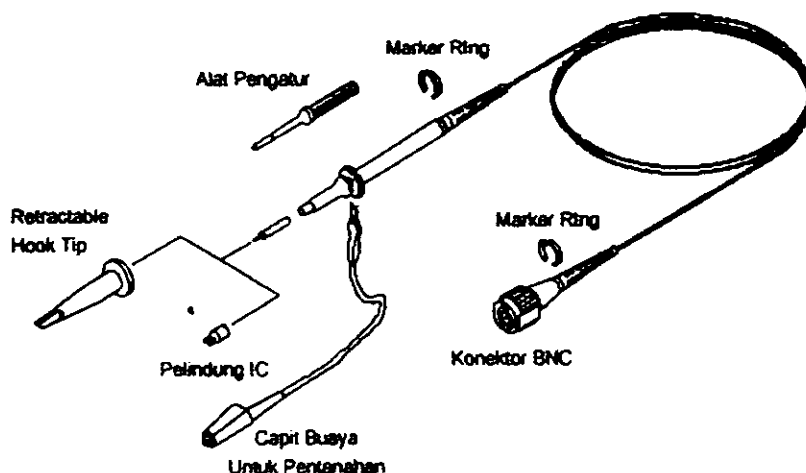
Probe peredaman 10 X meminimumkan pembebanan pada rangkaian dan ini adalah tujuan utama daripada probe pasif. Pembebanan pada rangkaian lebih terlihat pada frekuensi tinggi, maka pastikan untuk menggunakan probe ini ketika pengukuran di atas 5 KHz. Probe peredaman 10X meningkatkan keakuratan pengukuran, tetapi di lain pihak mengurangi amplitudo sinyal sebesar faktor 10. Karena meredam sinyal, probe peredaman 10 X membuat masalah ketika menampilkan sinyal dibawah 10 milivolt. Probe 1X berarti tidak ada peredaman sinyal. Gunakan probe peredaman 10 X sebagai probe standar anda, tetapi tetap menggunakan probe 1X untuk pengukuran sinyal-sinyal yang lemah. Beberapa probe mempunyai bagian khusus yang dapat mengganti-ganti antara probe 1x dan probe 10 X. Jika probe anda mempunyai bagian ini, pastikan anda melakukan seting yang benar sebelum pengukuran.

Gambar berikut memperlihatkan diagram sederhana pada bagian kerja internal dari probe. Hambatan masukan osiloskop 1 MOhm diseri dengan hambatan 9 Mohm, sehingga tegangan masukan pada terminal osiloskop menjadi 1/10 kali tegangan yang diukur.



Gambar 21. Diagram sederhana pada bagian kerja internal dari probe

Probe 10 X dan osiloskop membentuk rangkaian pembagi tegangan. Sedangkan di bawah ini ditunjukkan probe dengan tipikal pasif dan beberapa aksesoris yang digunakan bersama probe.



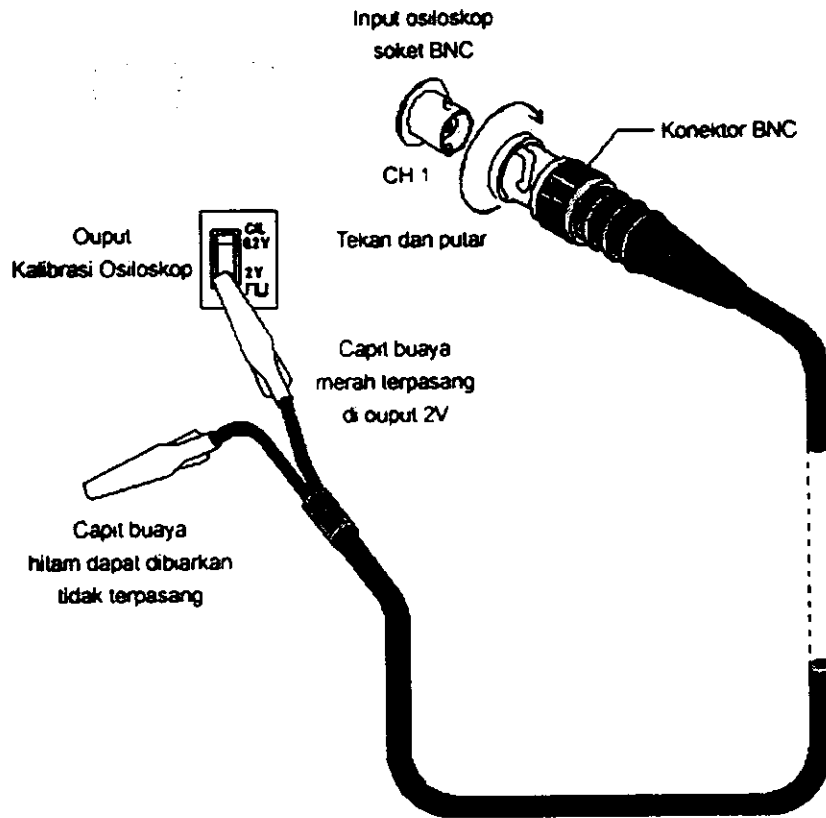
Gambar 22. Probe pasif dan aksesoris.

Dimana Memasangkan Pencapit Ground

Ada dua terminal penghubung pada probe, yaitu ujung probe dan kabel ground yang biasanya dipasang caprit buaya. Pada prakteknya caprit buaya tersebut dihubungkan dengan bagian ground pada rangkaian, seperti chasis logam, dan sentuhkan ujung probe pada titik yang dites pada rangkaian.

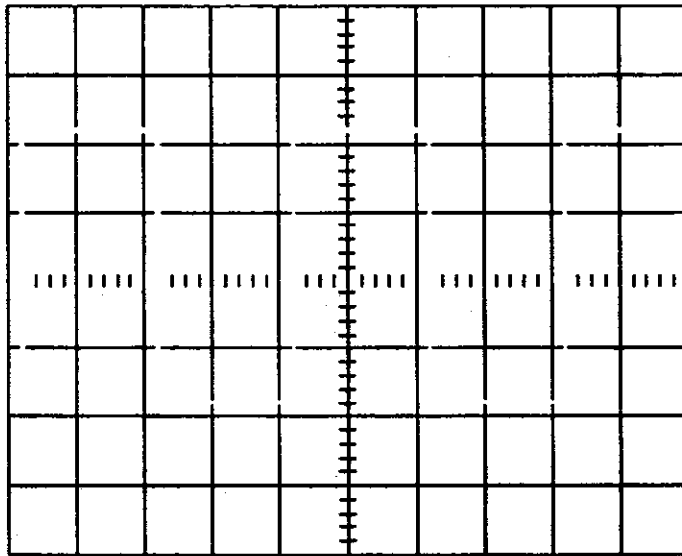
Kalibrasi

Pada umumnya, tiap osiloskop sudah dilengkapi sumber sinyal acuan untuk kalibrasi. Sebagai contoh, osiloskop GW tipe tertentu mempunyai acuan gelombang persegi dengan amplitudo 2V *peak to peak* dengan frekuensi 1 KHz. Misalkan kanal 1 yang akan dikalibrasi, maka BNC probe dihubungkan ke terminal masukan kanal 1, seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



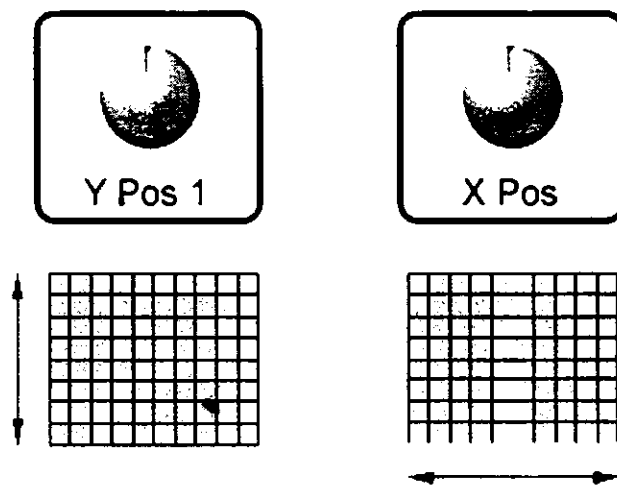
Gambar 23. Kalibrasi osiloskop

Gambar 23 menggunakan probe 1X, dengan ujung probe yang merah dihubungkan ke terminal kalibrasi. Caprit buaya yang hitam tidak perlu dihubungkan ke ground osiloskop karena sudah terhubung secara internal. Pada layar osiloskop akan nampak gelombang persegi. Atur tombol kontrol VOLTS/DIV dan TIME/DIV sampai diperoleh gambar yang jelas dengan amplitudo 2 V *peak to peak* dengan frekuensi 1 KHz., seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 24. Kalibrasi osiloskop

Gunakan tombol kontrol posisi vertikal V-pos untuk menggerakkan seluruh gambar dalam arah vertikal dan tombol horizontal H-pos untuk menggerakkan seluruh gambar dalam arah horizontal. Cara ini dilakukan agar letak gambar mudah dilihat dan dibaca.



Gambar 25. Kontrol posisi vertikal V-pos dan horizontal H-pos

Pengendalian

Bagian pengendalian dasar pada osiloskop analog. Pengatur Intensitas dan Fokus pada osiloskop analog, umumnya pengendali tampilan terdiri dari beberapa bagian, yaitu :

- Pengendali intensitas digunakan untuk mengatur intensitas cahaya gambar gelombang yang ditampilkan pada monitor osiloskop. Bila anda menambahkan kecepatan sapuan

(*sweep speed*) pada osiloskop analog, maka anda harus meningkatkan pula tingkat intensitas.

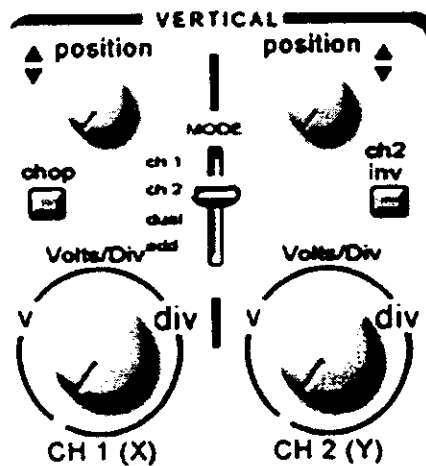
- Pengendali fokus digunakan untuk mengatur ketajaman gambar gelombang. Pengendali ini hanya terdapat pada osiloskop analog.



Gambar 25. Panel pengendali intensitas dan focus

Pengendali Vertikal

Pengendali ini digunakan untuk merubah posisi dan skala gelombang secara vertikal. Osiloskop memiliki pula pengendali untuk mengatur masukan coupling dan kondisi sinyal lainnya yang dibahas pada bagian ini. Gambar 1 menunjukkan tampilan panel depan dan menu on-screen untuk kontrol vertikal.



Gambar 26. Kontrol Vertikal

Tombol Posisi

Tombol posisi vertikal digunakan untuk menggerakkan gambar gelombang pada layar ke arah atas atau ke bawah.

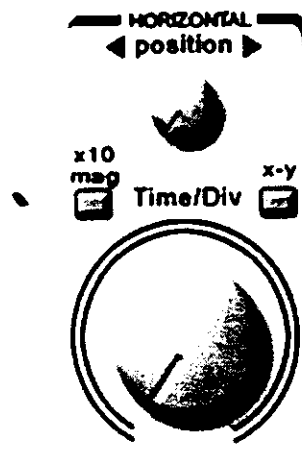
Tombol Volts / Div

Tombol Volts / div mengatur skala tampilan pada arah vertikal. Pemilihan posisi. Misalkan tombol Volts/Div diputar pada posisi 5 Volt/Div, dan layar monitor terbagi atas 8 kotak (divisi) arah vertikal. Berarti, masing-masing divisi (kotak) akan menggambarkan ukuran tegangan 5 volt dan seluruh layar dapat menampilkan 40 volt dari dasar sampai atas. Jika tombol tersebut berada pada

posisi 0.5 Volts/dDiv, maka layar dapat menampilkan 4 volt dari bawah sampai atas, dan seterusnya. Tegangan maksimum yang dapat ditampilkan pada layar adalah nilai skala yang ditunjukkan pada tombol Volts/Div dikali dengan jumlah kotak vertikal. Jika probe yg digunakan menggunakan faktor pelemahan 10x, maka tegangan yang terbaca harus dikalikan 10. Seringkali skala Volts/Div dilengkapi dengan tombol variabel penguatan(variable gain) atau fine gain control. Tombol ini digunakan untuk melakukan kalibrasi tegangan.

Pengendali Horizontal

Gunakan pengendali horizontal untuk mengatur posisi dan skala pada bagian horizontal gelombang. Gambar 27 menunjukkan jenis panel depan dan penala layar untuk mengatur bagian horizontal.



Gambar 27. Kontrol Horizontal

Tombol Posisi

Tombol posisi horizontal menggerakkan gambar gelombang dari sisi kiri ke kanan atau sebaliknya sesuai keinginan kita pada layar.

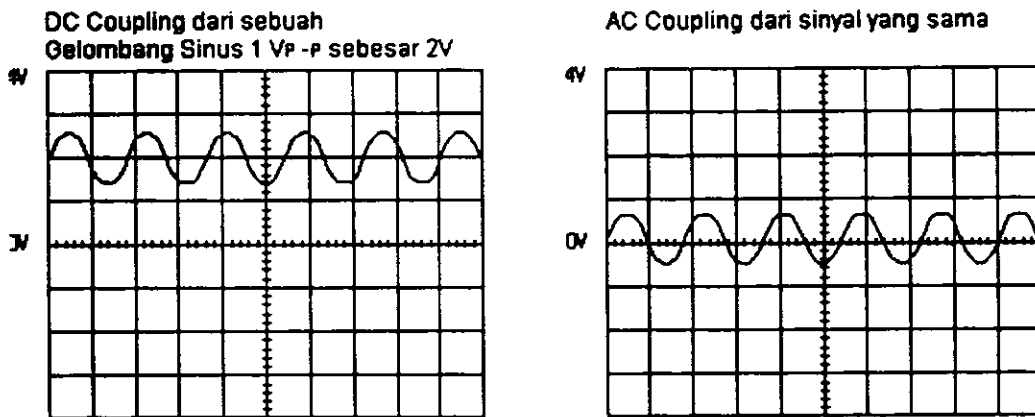
Tombol Time / Div (time base control)

Tombol kontrol Time/div memungkinkan untuk mengatur skala horizontal. Sebagai contoh, jika skala dipilih 1 ms, berarti tiap kotak(divisi) menunjukkan 1 ms dan total layar menunjukkan 10 ms(10 kotak horisontal). Jika satu gelombang terdiri dari 10 kotak, berarti periodanya adalah 10 ms atau frekuensi gelombang tersebut adalah 100 Hz. Mengubah Time/div membuat kita bisa melihat interval sinyal lebih besar atau lebih kecil dari semula, pada layar osiloskop, gambar gelombang akan ditampilkan lebih rapat atau renggang.

Seringkali skala Time/Div dilengkapi dengan tombol variabel (fine control) untuk mengatur skala horisontal.. Tombol ini digunakan untuk melakukan kalibrasi waktu..

Masukan Coupling

Coupling merupakan metoda yang digunakan untuk menghubungkan sinyal elektrik dari suatu sirkuit ke sirkuit yang lain. Pada kasus ini, masukan coupling merupakan penghubung dari sirkuit yang sedang dites dengan osiloskop. Coupling dapat ditentukan/diset ke DC, AC, atau ground. Coupling AC menghalangi sinyal komponen DC sehingga terlihat bentuk gelombang terpusat pada 0 volts. Gambar 2 mengilustrasikan perbedaan ini. Coupling AC berguna ketika seluruh sinyal (arus bolak balik dan searah) terlalu besar sehingga gambarnya tidak dapat ditampilkan secara lengkap.



Gambar 28. Masukan coupling AC dan DC

Setting ground memutuskan hubungan sinyal masukan dari sistem vertikal, sehingga 0 volts terlihat pada layar. Dengan masukan coupling tang di-ground kan dan auto trigger mode (mode picu otomatis), terlihat garis horisontal pada layar yang menggambarkan 0 volts.

Filter Frekuensi

Kebanyakan osiloskop dilengkapi dengan rangkaian filter frekuensi. Dengan membatasi frekuensi sinyal yang boleh masuk memungkinkan untuk mengurangi noise/gangguan yang kadang-kadang muncul pada tampilan gelombang, sehingga didapat tampilan sinyal yang lebih baik.

Pembalik Polaritas

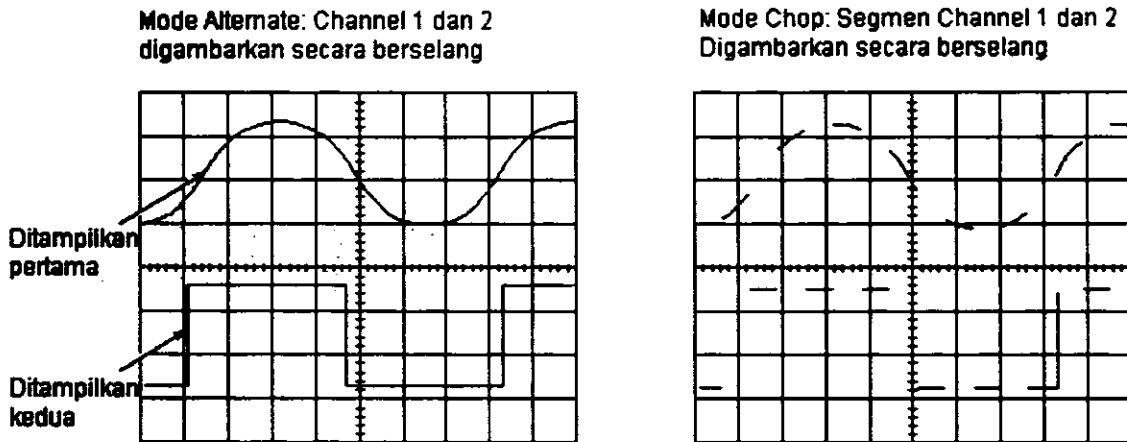
Kebanyakan osiloskop dilengkapi dengan pembalik polaritas sinyal, sehingga tampilan gambar berubah fasanya 180 derajat.

Alternate and Chop Display

Pada osiloskop analog, misal dua kanal, ada dua cara untuk menampilkan sinyal gelombang secara bersamaan. Mode bolak-balik (alternate) menggambar setiap kanal secara

bergantian. Mode ini digunakan dengan kecepatan sinyal dari medium sampai dengan kecepatan tinggi, ketika skala times/div di set pada 0.5 ms atau lebih cepat.

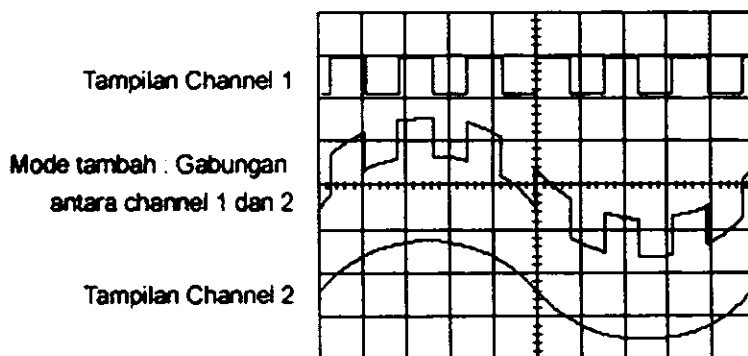
Mode chop menggambar bagian-bagian kecil pada setiap sinyal ketika terjadi pergantian kanal. Karena pergantian kanal terlalu cepat untuk diperhatikan, sehingga bentuk gelombang tampak kontinu. Untuk mode ini biasanya digunakan dengan sinyal lambat dengan kecepatan sweep 1ms per bagian atau kurang. Gambar 29 menunjukkan perbedaan antara 2 mode tersebut. Seringkali berguna untuk melihat sinyal dengan ke dua cara, Untuk meyakinkan didapat pandangan terbaik, cobalah kedua cara tersebut.



Gambar 29. Multi-Channel Display Mode

Operasi Matematik

Osiloskop juga memiliki sistem kerja untuk menjumlahkan dua buah fungsi gelombang bersama-sama, sehingga menciptakan tampilan bentuk gelombang baru. Osiloskop analog menggabungkan sinyal-sinyal sedangkan osiloskop digital membentuk sinyal baru secara matematik.



Gambar 30. Menjumlahkan dua buah fungsi gelombang

Pengendali Trigger

Trigger digunakan untuk membuat tampilan gambar menjadi tampak diam. Pengendali trigger membuat kita dapat menstabilkan pengulangan sinyal/gelombang dan menangkap satu bagian gelombang berjalan

Level tegangan trigger sebenarnya tidak bisa dilihat. Tapi, dalam simulasi di atas sengaja ditampilkan dengan garis berwarna biru. Tombol trigger digunakan untuk mengatur level tegangan tersebut, dalam hal ini ditampilkan dengan scrollbar. Cobalah untuk menggeser level tegangan tersebut di atas tegangan maksimum atau di bawah tegangan minimum sinyal, atau diantaranya. Teknik pemecuan dapat dilakukan dengan beberapa cara. Pemecuan tepi (edge triggering) adalah dasar dan jenis yang umum dilakukan dalam tehnik pemecuan.

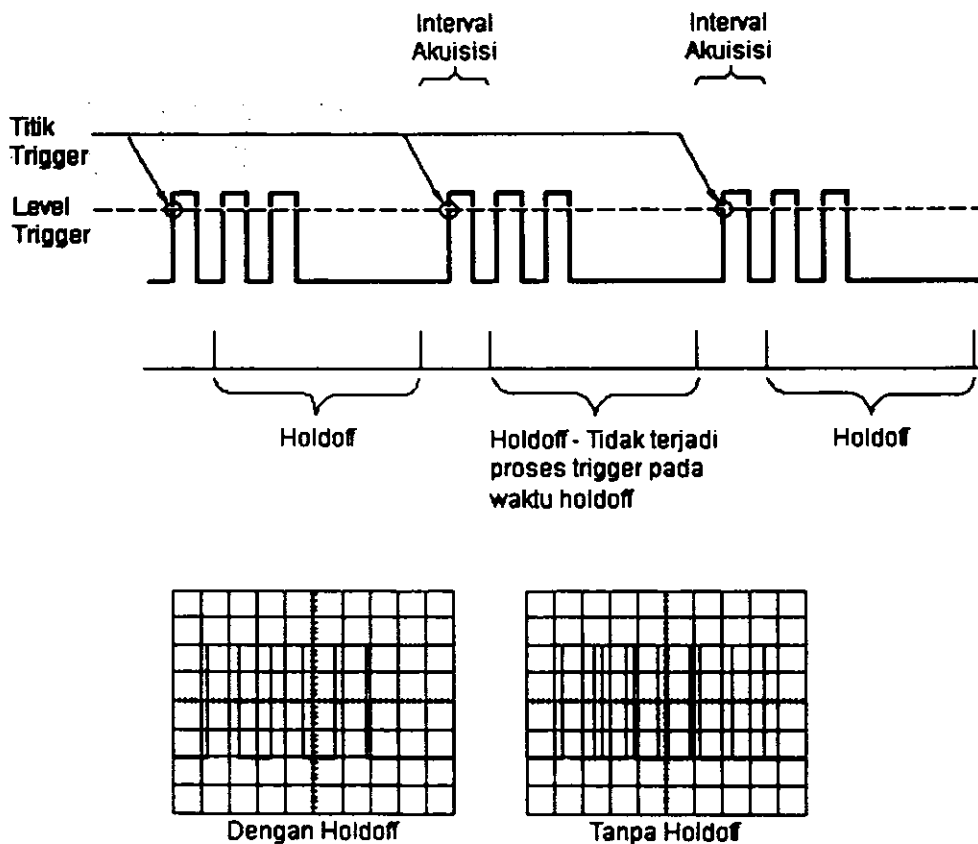
Rangkaian trigger berperilaku seperti komparator. Saat sinyal trigger cocok dengan setting yang dilakukan maka osiloskop melakukan trigger. Sumber trigger juga dapat diambil dari luar osiloskop. Tetapi, hal ini jarang dilakukan, karena trigger internal biasanya sudah memadai.

Modus Trigger

Modus yang tersedia biasanya adalah modus auto atau normal. Pada trigger normal osiloskop hanya menyapu sinyal jika mencapai titik trigger, jika gagal layar menjadi gelap. Modus normal memerlukan pengaturan level tegangan trigger, sebaliknya pada modus auto tidak diperlukan.. Sinyal trigger sendiri perlu dijaga agar tidak terganggu oleh sinyal lain, seperti derau, frekuensi tinggi, untuk mencegah triggering yang salah.

Trigger Holdoff

Kadangkala mengatur tigger yang tepat begitu sulit, membutuhkan ketrampilan yang tinggi. Banyak osiloskop memiliki fasilitas spesial untuk membuat tugas ini menjadi lebih mudah. Trigger holdoff adalah pengaturan perioda osiloskop sepanjang osiloskop tidak dapat ditrigger. Keistimewaan ini berguna saat mentrigger sinyal pada gelombang yang kompleks. Osiloskop hanya mentrigger pada titik trigger pertama. Gambar berikut menunjukkan bagaimana menggunakan holdoff.

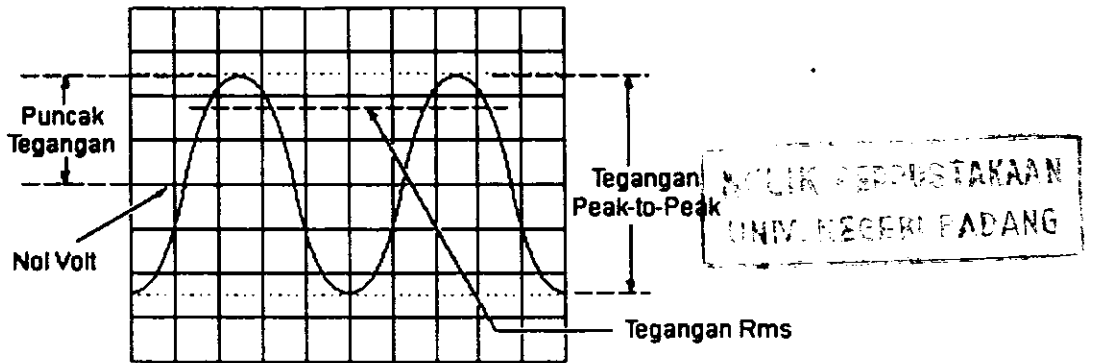


Gambar 31. Menggunakan Trigger Holdoff

Pengukuran Tegangan

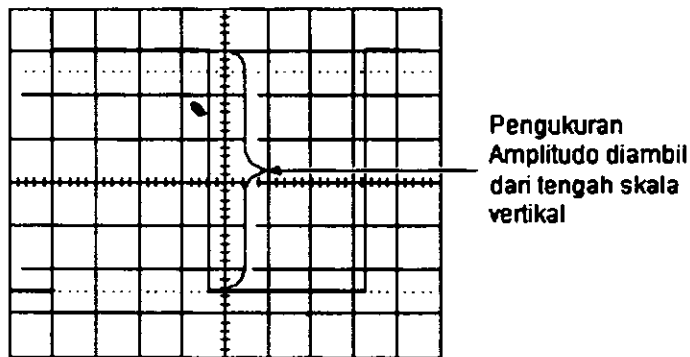
Tegangan adalah besar beda potensial listrik, dinyatakan dalam Volts, antara dua titik pada rangkaian. Biasanya salah satu titiknya adalah titik ground, tapi tidak selalu. Tegangan juga diukur dari puncak ke puncak, yaitu dari titik puncak maksimum ke titik muncak minimum, dan kita harus hati-hati menspesifikasikan tegangan apa yang dimaksud

Pada dasarnya osiloskop adalah alat ukur tegangan. Sekali anda mengukur tegangan, maka besaran lain bisa diketahui melalui penghitungan. Sebagai contoh pengukuran arus dengan menerapkan hukum Ohm arus dapat diketahui melalui pengukuran tegangan dan membaginya dengan besar hambatan yang digunakan. Penerapan penghitungan juga bisa dilakukan untuk arus AC tetapi tentunya akan lebih rumit, tetapi pada intinya adalah bahwa dengan mengukur tegangan sebagai langkah awal, maka besaran lain dapat diketahui melalui penghitungan. Gambar 32 menunjukkan tegangan dari satu puncak ke puncak lainnya yang disebut (*the peak-to-peak voltage - V_{pp}*), atau adalah duakali V_p . Gunakan V_{rms} (*root-mean-square*) voltage untuk menghitung daya dari sinyal AC.



Gambar 32. Tegangan puncak ke puncak

Pengukuran tegangan dilakukan dengan menghitung jumlah pembagi yang meliputi muka gelombang pada bagian skala vertikal. Atur sinyal dengan mengubah-ubah kontrol vertikal dan untuk lebih pengukuran terbaik pilihlah skala volts/div yang paling cocok.

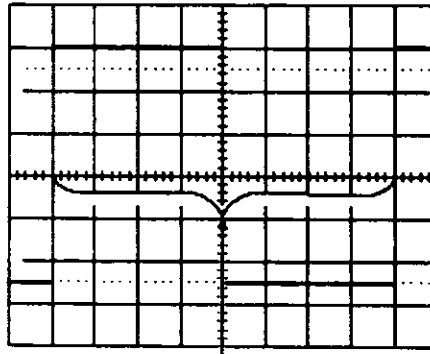


Gambar 33. Pengukuran Tegangan pada pusat garis vertikal

Kebanyakan osiloskop pada layarnya terdapat kursor yang bisa digunakan untuk melihat pengukuran secara otomatis tanpa menghitung jumlah kotak dan skala pengukuran. Tetapi pada prakteknya osiloskop yang digunakan nantipengukuran tegangan dilakukan secara manual.

Pengukuran Waktu dan Frekuensi

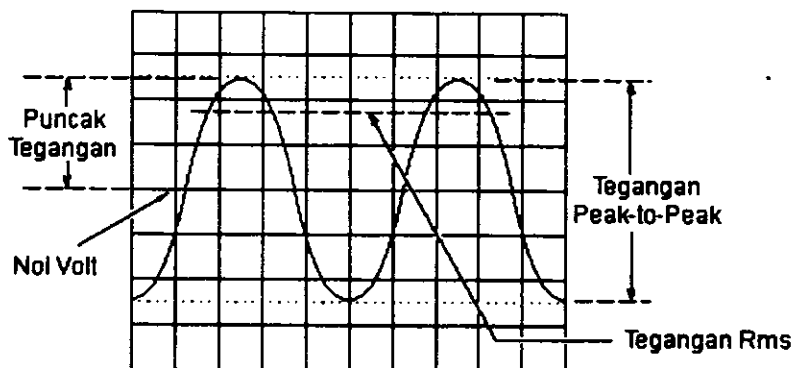
Ambil waktu pengukuran dengan menggunakan skala horizontal pada osiloskop. Pengukuran waktu meliputi perioda, lebar pulsa (pulse width), dan waktu dari pulsa. Frekuensi adalah bentuk resiprok dari perioda, jadi dengan mengukur perioda frekuensi akan diketahui, yaitu satu per perioda. Seperti pada pengukuran tegangan, pengukuran waktu akan lebih akurat saat meng-adjust porsi sinyal yang akan diukur untuk mengatasi besarnya area pada layar. Ambil pengukuran waktu sepanjang garis horizontal pada tengah-tengah layar, atur time/div untuk memperoleh pengukuran yang lebih akurat. (Lihat gambar berikut .)



Pengukuran Waktu dilakukan pada garis tengah skala horizontal

Pada banyak aplikasi, informasi mendetil tentang pulsa sangatlah penting. Pulsa bisa mengalami distorsi dan menyebabkan rangkaian digital menjadi malfungsi, dan pewaktuan pulsa pada jalannya seringkali signifikan.

Pengukuran standard pulsa adalah mengenai pulse width dan pulse rise time. Rise time adalah waktu yang diperlukan pulsa saat bergerak dari tegangan low ke high. Dengan aturan pengukuran rise time ini diukur dari 10% hingga 90% dari tegangan penuh pulsa. Hal ini mengeliminasi ketidakteraturan pada sudut transisi pulsa. Hal ini juga menjelaskan kenapa pada kebanyakan osiloskop memiliki 10% hingga 90% penandaan pada layarnya. Lebar pulsa adalah lamanya waktu yang diperlukan saat bergerak dari low ke high dan kembali ke low lagi. Dengan aturan lebar pulsa terukur adalah 50% tegangan penuh. Untuk lebih jelas anda lihat gambar berikut :



Titik Pengukuran Waktu dan Pulsa

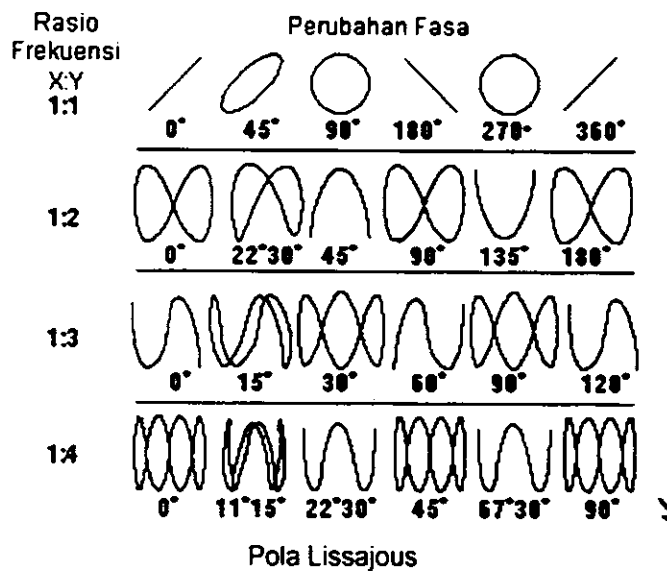
Pengukuran pulsa seringkali memerlukan penalaan yang baik yaitu trigerring. Untuk lebih menguasai pengukuran pulsa, anda harus mempelajari bagaimana menggunakan trigger hold off untuk mengeset osiloskop digital intuk menangkap pretrigger data, sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya pada sesi pembahasan kontrol.

Pengukuran Fasa

Bagian pengontrol horizontal memiliki mode XY sehingga kita dapat menampilkan sinyal input dibandingkan dengan dasar waktu pada sumbu horizontal. (Pada beberapa osiloskop digital digunakan mode setting tampilan

Fase gelombang adalah lamanya waktu yang dilalui dimulai dari satu loop hingga awal dari loop berikutnya. Diukur dalam derajat. Phase shift menjelaskan perbedaan dalam pewaktuan antara dua atau lebih sinyal periodik yang identik

Salah satu cara mengukur beda fasa adalah menggunakan mode XY. Yaitu dengan memplot satu sinyal pada bagian vertikal(sumbu Y) dan sinyal lain pada sumbu horizontal(sumbu X). Metoda ini akan bekerja efektif jika kedua sinyal yang digunakan adalah sinyal sinusoidal. Bentuk gelombang yang dihasilkan adalah berupa gambar yang disebut pola Lissajous(diambil dari nama seorang fisikawan asal Perancis Jules Antoine Lissajous dan diucapkan Li-Sa-Zu). Dengan melihat bentuk pola Lissajous kita bisa menentukan beda fasa antara dua sinyal. Juga dapat ditentukan perbandingan frekuensi. Gambar di bawah ini memperlihatkan beberapa pola Lissajous dengan perbandingan frekuensi dan beda fasa yang berbeda-beda.

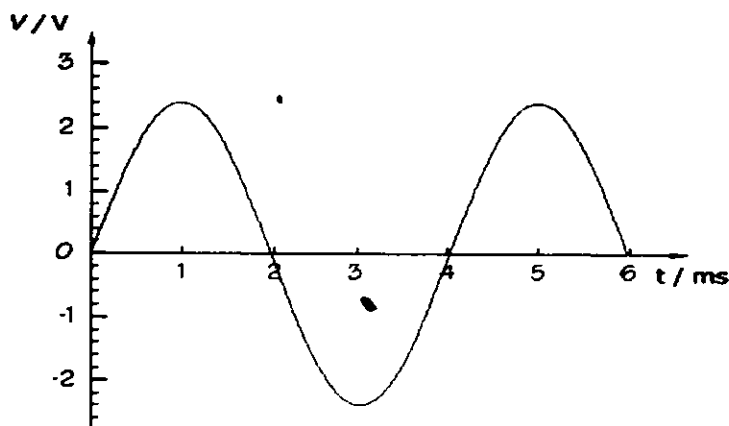


Bagian ini telah menjelaskan dasar-dasar teknik pengukuran. Pengukuran lainnya membutuhkan setting up osiloskop untuk mengukur komponen listrik pada tahapan lebih mendalam, melihat noise pada sinyal, membaca sinyal transien, dan masih banyak lagi aplikasi lainnya. Teknik pengukuran yang akan kita gunakan bergantung jenis aplikasinya, tetapi kita telah mempelajari cukup banyak untuk seorang pemula. Praktek menggunakan osiloskop dan bacalah lebih banyak mengenai hal ini. Dengan terbiasa maka pengoperasian dan pengukuran akan menjadi lebih mudah.

Quiz

SOAL A

1. Hitung frekuensi gelombang jika periodanya adalah: (a) 10s, (b) 5 ms, (c) 200 μ s
2. Berapa perioda gelombang yang memiliki: (a) 20 Hz, (b) 150 kHz, (c) 0.5 hz?
3. Tentukan perioda, frekuensi, amplitudo puncak, amplitudo puncak ke puncak, dan amplitudo rms untuk gelombang sinus berikut ini:



4. Gunakan kertas grafik untuk membuat sketsa grafik V/t gelombang sinusoida dengan perioda dan amplitudo sbb:
 - o perioda 10 ms, amplitudo puncak ke puncak 5 V.
 - o frekuensi 250 Hz, amplitudo puncak 10 V.
 - o frekuensi 4 kHz, amplitudo rms 6 V.

Jawaban Soal A

SOAL B

1. Apakah yang dimaksud dengan bentuk gelombang yang kompleks?
2. Apakah semua gelombang dapat dinyatakan sebagai fungsi gelombang sinus?

Jawaban Soal B

SOAL C

1. Apa perbedaan gelombang persegi dan pulsa?
2. Lukiskan grafik V/t untuk gelombang pulsa dengan laju pengulangan 100 Hz, tegangan Low 0,2 volt dan tegangan High 4,5 volt dan dan mark space ratio = 0.25.

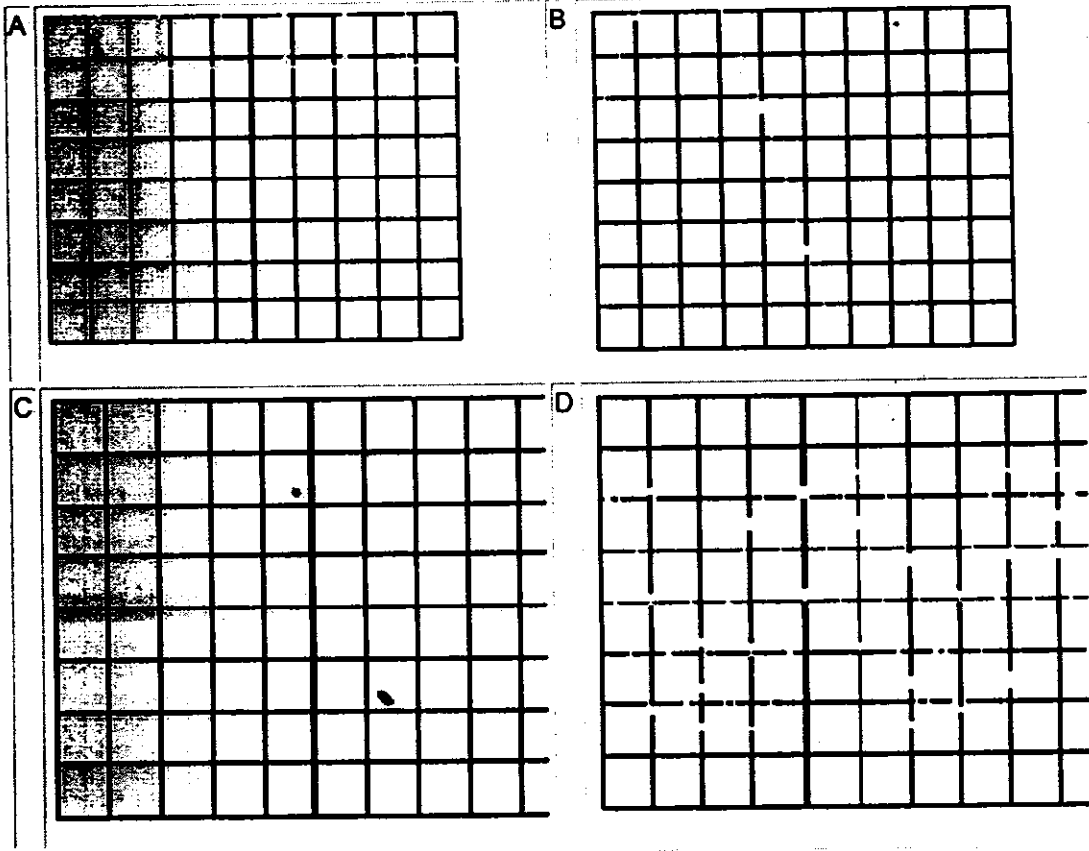
Jawaban Soal C

SOAL D

1. Pelajari petunjuk-petunjuk pemakaian osiloskop dan lengkapi table berikut ini dengan menjelaskan fungsi tombol-tombol kontrol pada:

Intensitas	
Focus	
	Mengatur skala horizontal grafik V/t
Volt/Div	
	Memindahkan seluruh grafik V/t dalam arah horisontal
Y-Pos	

- 2.
3. Perhatikan gambar pada layar osiloskop berikut ini. Kontrol apa yang harus digunakan untuk menghasilkan gambar yang jernih:



Jawaban Soal D

Jawaban

Jawaban A

- Gunakan rumus:

$$f = \frac{1}{T}$$

(a) 0.1 Hz, (b) 200 Hz, (c) 5 kHz

- Gunakan rumus:

$$T = \frac{1}{f}$$

(a) 50 ms, (b) 6.7 μ s, (c) 2 s

- Perioda = 4 ms, frekuensi = 250 Hz, amplitudo puncak = 2.4 V, amplitudo puncak ke puncak = 4.8 V, amplitudo rms = $0.7 \times 2.4 = 1.7$ V

Kembali ke soal A

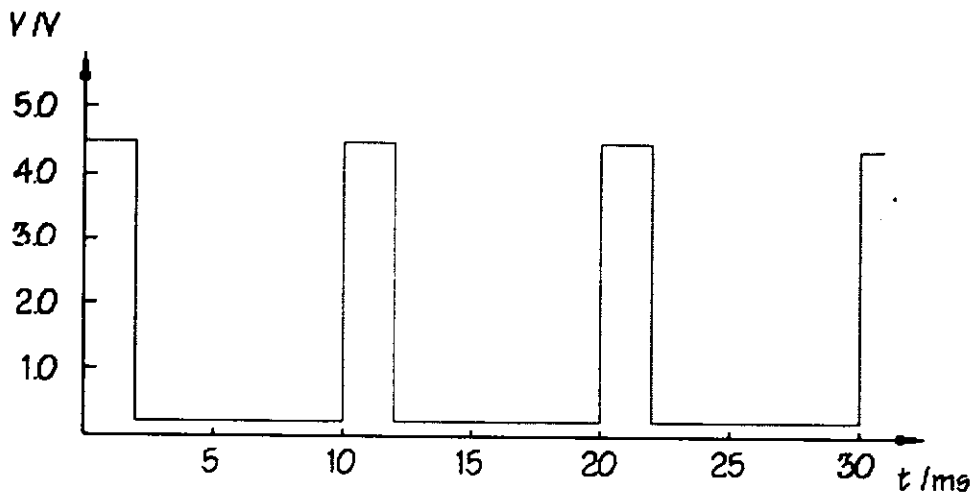
Jawaban B

1. Suatu gelombang yang kompleks terdiri dari kombinasi sejumlah gelombang sinus atau menambahkan gelombang sinus dengan tegangan DC. Sebagai contoh, gelombang sinus yang dikombinasikan dengan gelombang harmoniknya dapat menghasilkan gelombang yang kompleks.
2. Setiap gelombang yang periodik dapat dinyatakan sebagai fungsi sinus.

Kembali ke soal B

Jawaban C

1. Gelombang persegi memiliki waktu interval Low dan High yang sama besar, simetris terhadap garis sumbu horizontal. Sedangkan gelombang pulsa waktu intervalnya sembarang dan level tegangannya antara 0 sampai sama dengan tegangan catu daya.
2. Gambar grafik tegangan pulsa:



Kembali ke soal C

Jawaban D

1. Tabel lengkap

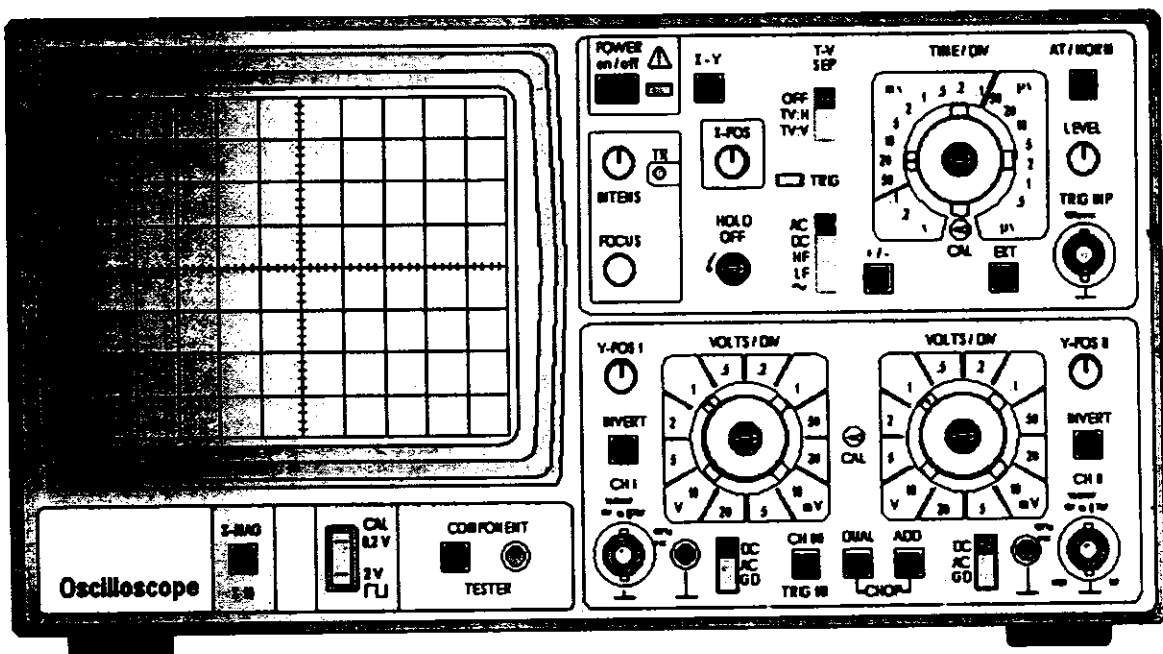
Intensitas	Mengatur brightness gambar pada layar osiloskop
Focus	Mengatur ketajaman cahaya gambar
TIME/DIV	Mengatur skala horizontal grafik V/t

Volt/Div	Mengatur skala vertikal grafik V/t
X-POS	Memindahkan seluruh grafik V/t dalam arah horisontal
Y-Pos	Memindahkan seluruh grafik V/t dalam arah vertikal

2. Mengatur Kendali:

- Gambar A: Gunakan Y-POS untuk memindahkan grafik ke bawah.
- Gambar B: Skala vertikal terlalu sensitive sehingga gambarnya harus dkecilkan. Kecilkan skala VOLTS/DIV dengan memutarnya dalam arah berlawanan dengan arah jarum jam.
- Gambar C: Grafik The V/t terkompresi sehingga tidak jelas. Naikkan sensitivitas VOLT/DIV agar gambarnya membesar dalam arah vertikal, dan kontrol TIME/DIV diputar searah jarum jam agar gambarnya nampak lebih renggang.
- Gambar D: Semua kontrol harus dikembalikan dalam posisi normal. Jika gambarnya berjalan, gunakan HoldOff atau trigger.

PERPUSTAKAAN
FISIKA
UNP



Reference

www.fi.itb.ac.id/~bfd/index.php