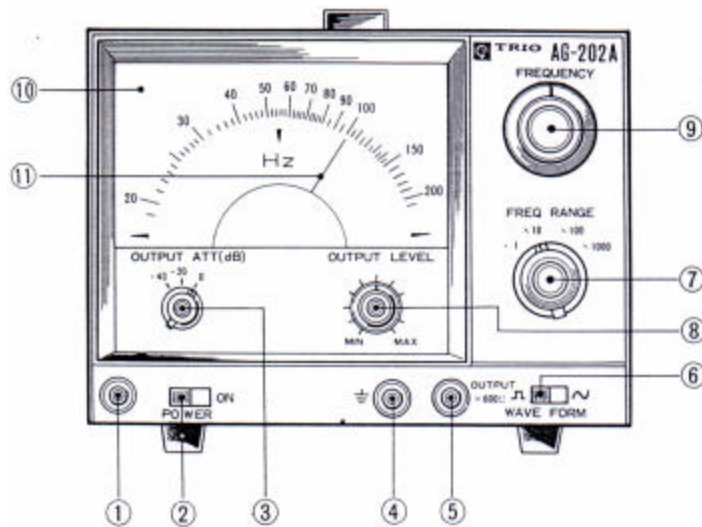




MENGGUNAKAN ALAT UKUR ELEKTRONIK

ELK-DAS.18
40 JAM



Penyusun :

TIM FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
EDISI 2001

KATA PENGANTAR

Modul dengan judul “**MENGGUNAKAN ALAT UKUR ELEKTRONIK**” merupakan bahan ajar yang digunakan sebagai panduan praktikum peserta diklat Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Bidang Keahlian Teknik Elektro.

Materi modul menekankan pada penggunaan alat ukur analog, penggunaan alat ukur elektronik, dan Pemeliharaan alat ukur. Pada Kegiatan belajar 1 membahas tentang penggunaan *Cathode Ray Oscilloscope (CRO)*, dan kegiatan belajar 2 membahas tentang *Audio Frequency Generator (AFG)*.

Modul ini terkait dengan modul-modul lain yang membahas tentang simbol dan teknik alat ukur listrik, dan hukum kelistrikan sehingga sebelum menggunakan modul ini peserta diklat diwajibkan telah memahami hal tersebut.

Yogyakarta, Nopember 2001

Penyusun.
Tim Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta.

DESKRIPSI JUDUL

MENGGUNAKAN ALAT UKUR ELEKTRONIK merupakan modul praktikum berisi penggunaan alat ukur elektronik baik itu pada CRO maupun AFG.

Modul ini terdiri atas 2 kegiatan belajar yang mencakup: Menggunakan *Cathode Ray Oscilloscope* (CRO), dan menggunakan *Audio Frequency Generator* (AFG). Dengan menguasai modul ini diharapkan peserta diklat mampu menggunakan alat ukur elektronik secara benar dan baik.

PETA KEDUDUKAN MODUL

PRASYARAT

Untuk melaksanakan modul **MENGGUNAKAN ALAT UKUR ELEKTRONIK** memerlukan kemampuan awal yang harus dimiliki peserta diklat, yaitu:

- Peserta diklat telah memahami simbol dan alat ukur listrik
- Peserta diklat telah memahami hukum-hukum kelistrikan.

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
Kata Pengantar	ii
Deskripsi Judul	iii
Peta Kedudukan Modul.....	iv
Prasyarat	v
Daftar Isi	vi
Peristilahan/Glossary	vii
Petunjuk Penggunaan Modul	viii
TUJUAN	ix
1. Tujuan Akhir	ix
2. Tujuan Antara	ix
KEGIATAN BELAJAR 1	1
Lembar Informasi	1
Lembar Kerja.....	13
Kesehatan dan Keselamatan Kerja	13
Langkah Kerja	13
Lembar Latihan	17
KEGIATAN BELAJAR 2	19
Lembar Informasi	19
Lembar Kerja.....	24
Kesehatan dan Keselamatan Kerja	24
Langkah Kerja	25
Lembar Latihan	27
LEMBAR EVALUASI	28
LEMBAR KUNCI JAWABAN	31
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 1	31
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 2	32
Kunci Jawaban Lembar Evaluasi	33
DAFTAR PUSTAKA	34

PERISTILAHAN / GLOSSARY

<i>AFG</i>	: Audio Frequency Generator , Pembangkit Frekuensi Audio
<i>CRO</i>	: Cathode Ray Oscilloscope, Osiloskop Sinar Katoda
<i>CRO Probe</i>	: Colok khusus untuk CRO
<i>Dummy load</i>	: Beban pengganti, yang berujud resistor dengan Wattage tertentu (Misalnya : 16 Ω / 10 Watt)
<i>Ground terminal</i>	: terminal sambungan ke rangka (chassis) alat (0 Volt)
<i>Input</i>	: masukan
<i>Output</i>	: keluaran
<i>Pulse</i>	: denyut, pulsa
<i>Setting up procedure</i>	: prosedur persiapan dari suatu alat
<i>Sinus</i>	: bentuk gelombang sinusioda
<i>Square</i>	: bentuk gelombang kotak, gelombang persegi
<i>Triangle</i>	: bentuk gelombang segitiga

PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan modul ini antara lain :

1. Bacalah tujuan akhir dan tujuan antara dengan cermat.
2. Bacalah dengan cermat lembar informasi pada masing-masing kegiatan belajar.
3. Cermati setiap kebutuhan alat dan bahan yang diperlukan.
4. Hati-hatilah selama melakukan pratikum terutama pada alat ukur yang digunakan.
5. Kembalikan semua peralatan pratik yang digunakan.

TUJUAN

1. Tujuan Akhir

- Peserta diklat mampu memahami berbagai teknik pengukuran tegangan, arus, resistansi, frekuensi, perioda dan fasa dengan benar.
- Peserta diklat mampu dan terampil menggunakan alat-alat ukur elektronik dengan benar.

2. Tujuan Antara

- Peserta diklat mampu mengidentifikasi fungsi berbagai terminal dan tombol kontrol pada CRO dengan benar.
- Peserta diklat terampil mempersiapkan dan menggunakan CRO dengan benar.
- Peserta diklat mampu memahami cara pengukuran besaran tegangan, frekuensi dan fasa dengan alat ukur Cathode Rays Oscilloscope (CRO).
- Peserta diklat mampu mengidentifikasi fungsi beberapa tombol kontrol pada panel depan Audio Frequency Generator (AFG) dengan benar.
- Peserta diklat mampu memahami cara pengukuran menggunakan Audio Frequency Generator (AFG).
- Peserta diklat mampu mempersiapkan dan menggunakan dalam pengukuran beberapa besaran listrik dengan benar.

<p style="text-align: center;">KEGIATAN BELAJAR I PENGUNAAN CATHODE RAY OSCILLOSCOPE (CRO)</p>
--

LEMBAR INFORMASI

Modul : Penggunaan Alat Ukur Elektronik
Topik : Penggunaan Cathode Ray Oscilloscope (CRO)
Tingkat : I (satu)
WAKTU : 4 X 50 menit

PETUNJUK UNTUK SISWA

Pelajaran ini merupakan kelanjutan materi terdahulu yaitu penggunaan alat ukur listrik. Judul kegiatan belajar ini adalah Cathode Ray Oscilloscope (CRO). Pelajarilah dengan baik isi lembar informasi ini. Apabila anda mendapat kesulitan mintalah petunjuk guru.

Jangan menuliskan apapun dalam Lembar Informasi tersebut. Usahakanlah tugas ini dapat anda selesaikan dalam waktu 4 X 50 menit.

Tujuan :

Setelah menyelesaikan kegiatan ini siswa diharapkan akan mampu :

1. Menjelaskan spesifikasi CRO.
2. Menjelaskan fungsi tombol-tombol kontrol pada CRO.
3. Menjelaskan cara mengkalibrasi CRO.
4. Menjelaskan cara pengukuran tegangan, periode, frekuensi dan perbedaan fasa pada CRO.

CATHODE RAY OSCILLOSCOPE (CRO)

Cathode Ray Oscilloscope lebih dikenal dengan sebutan CRO, atau ada yang menyebut sebagai Osiloskop Sinar Katoda atau Osiloskop saja. Merupakan sebuah alat ukur elektronik yang penting bagi teknisi atau montir elektronik dalam menyelesaikan pekerjaannya.

Manfaatnya adalah untuk mengukur besaran-besaran : tegangan , frekuensi, periode dan beda fasa. Bentuk sinyal listrik juga dapat dilihat dengan CRO. Ada berbagai bentuk sinyal listrik, yaitu *sinusoida*, segitiga atau *triangle* , kotak atau *square*, denyut atau *pulse*. Berbagai bentuk sinyal listrik tersebut dapat dengan mudah diukur tegangannya, periodenya dan dapat ditentukan berapa frekuensinya.

CRO ada dua jenis, jenis 1 kanal dan jenis 2 kanal. Dengan CRO 2 kanal bisa menampilkan 2 signal secara serempak dalam layar, yaitu masuk kanal X dan kanal Y.

A. Spesifikasi CRO

Sebelum menggunakan CRO lebih baik mengetahui bagaimanakah spesifikasi CRO yang akan dipakai. Sebagai contoh iberikan contoh spesifikasi umum seperti berikut :

1. Vertical Axis

Sensitivity	: 10 mV / div ~ 20 V / div $\pm 5\%$
Attenuator	: 10 mV / div ~ 20 V / div 1 - 2 - 5 step (1 div = 10mm)
Input Impedance	: 1 M Ohm $\pm 5\%$
Input Capacitance	: 22 pF $\pm 3\%$
Frequency Response	: DC : DC ~ 10MHz (less than -3 dB) AC : 2 Hz ~ 10 MHz (less than - 3dB)
Rising time	: less than 35 nsec
Overshoot	: less than 3 % (at 100 kHz square wave)
Maximum input Voltage	: 600 Vp-p or 300 V (DC + AC peak)

2. Sweep circuit

Sweep system	: Triggering sweep and auto sweep (free running sweep at no signal time)
Sweep time	: 1 μ s / div ~ 0.5 s / div \pm 5% and EXT H: 1 – 2 – 5 step. Fine adjustment in all 18 ranges.
Magnifier	: 5 times \pm 10 % (PULL X 5 MAG)
Linearity	: less than 3 % (5 μ s / div ~ 0.5 s / div). Less than 5% (1 μ s / div ~ 2 μ s / div)

3. Triggering

Source	: INT : vertical input signal EXT : EXT TRIG input signal
Sync section	: NOR : positive and negative. TV : positive and negative
Triggering Voltage	: Amplitude on CRT screen more than 1 div EXT ... more than 1 Vp-p
Triggering range	: INT : 20 Hz ~ 10 MHz EXT : DC ~ 10 MHz.

4. Horizontal Axis

Operating mode	: EXT H mode is selected by SWEEP TIME / DIV
Sensitivity	: 150 mV / div (within \pm 20%) (HOR GAIN MAX)
Frequency response	: DC ~ 1 MHz (less than - 3 dB)
Input impedance	: 100 k Ohm / 35 pF.
Calibrating voltage	: 1 Vp-p \pm 5% (50 or 60 Hz square wave)

5. Intensity modulation

Input voltage	: less than 5 Vp-p (modulation)
Input impedance	: 10 k Ohm \pm 20 %

6. Power Source

Power supply voltage	: 100 / 117 / 220 / 240 V \pm 10 % 50 Hz or 60 Hz
Power consumption	: 20 W

7. Dimensions and Weight

Width X Height X Depth : 260 mm X 190 mm X 275 mm or
(maximum sizes : 277 mm X 204 mm X 433 mm)
Weight : 8 kg

8. Accessory

Probe : PC 21 model. Damping = 1/10 ; input imped = 10 M ohm;
input capacitance = less than 18 pF.
Fuse : 0.3 A and 0.7 A

B. Fungsi tombol kontrol pada panel CRO

Pada gambar 1.1 tampak sebuah CRO dan pandangan panel depan CRO. Adapun fungsi tombol-tombol kontrol tersebut adalah :

Gambar.1.1 Tombol dan terminal kontrol pada panel depan

1. POSITION control. Putaran tombol akan mengatur posisi vertical dari berkas.
2. INPUT Jack : vertical input jack
3. AC GND DC Switch Pada posisi AC komponen DC dari signal ditahan oleh kapasitor. Pada posisi GND (ground), terminal input terbuka dan input amplifier internal disambung ke ground. Pada posisi DC terminal input disambung langsung ke amplifier dan semua komponen signal input dikuatkan.
4. VOLT / DIV Switch. Skala bertingkat dalam Volt per div dari layar CRT. Dapat dipilih dalam 11 range dari 0,01 V / div sampai 20 V / div.
5. VARIABLE control. Pengaturan attenuasi vertical. Pengatur halus (fine) dari sensitifitas vertical. Pada putaran kearah kanan maksimum (sampai berbunyi “klik”) attenuasi vertical pada posisi terkalibrasikan (CAL).
6. LED Pilot lamp. Lampu ini akan menyala kalau power switch ON.
7. POWER ON/ INTENSITY control. Mengatur kecerahan berkas gambar Digunakan untuk menghidupkan dan mematikan daya listrik ke CRO dengan memutar tombol ke arah kiri maksimum. .
8. FOCUS Control. Pengontrolan fokus berkas untuk memperoleh bentuk gelombang yang optimum kecerahannya.
9. SOURCE switch. Dua posisi switch untuk memilih sumber trigger untuk sweep (INT atau EXT).
10. EXT TRIG Jack. External sync jack. Untuk sinkronisasi eksternal diperlukan tegangan lebih dari 1 Vp-p, dengan SOURCE switch pada posisi EXT.
11. SYNC Switch

Saklar pemisah sinkronisasi. Akan mengambil komponen signal sync dalam signal video, dan diaplikasikan pada rangkaian sync untuk menyempurnakan sinkronisasi signal video yang ditampilkan.

NORM \pm : Untuk menampilkan bentuk gelombang pada umumnya. Pada posisi ini rangkaian TV sync separator tidak tersambung. Pada polaritas “+”, sweep dipengaruhi oleh slope “+”, sedangkan pada polaritas “-“, sweep dipengaruhi oleh slope “-“.

TV \pm : Dipakai untuk menampakkan bentuk-bentuk gelombang signal video TV yang disinkronkan dengan signal sync.

12. LEVEL Control.

Triggering level / PULL AUTO akan mengatur phase sync untuk menentukan titik awal sweep pada slope dari signal trigger.

13. POSITION control. Putaran pengatur posisi horizontal dari berkas gambar. PULL 5X MAG Switch, Push-pull switch memilih pembesaran 5X bila ditarik keluar (PULLED-OUT) dan normal bila ditekan kembali (PUSHED-IN).

14. SWEEP TIME / DIV Switch. Selector time sweep horizontal. Saklar pemilih sweep time dari 1 s sampai 0,5 s dalam 18 langkah. Operasi EXT H dimungkinkan dengan memutar knob ke arah kanan penuh. Bila saklar variable (15) diputar arah kanan penuh, pembacaan harga time sweep sudah terkalibrasi.

15. VARIABLE control. Pengaturan attenuasi vertical. Pengatur halus (fine) dari sensitifitas vertical. Pada putaran ke arah kanan maksimum (sampai berbunyi "klik") attenuasi vertical pada posisi terkalibrasikan (CAL).

16. HOR INPUT Jack. Bila dipakai input horizontal dari luar.

17. CAL 1 Vp-p Jack. Jack untuk tegangan kalibrasi. Kalibrasi tegangan adalah 1 Vp-p dari gelombang kotak dengan sumber daya tersinkronisasi. Terminal CAL 1Vp-p juga dipakai untuk memeriksa kondisi vertical gain atau untuk mengatur karakteristik gelombang kotak dari probe.

18. TRACE Rotation. Dipakai untuk menghilangkan kemiringan berkas garis lurus horizontal.

19. Z - AXIS INPUT Jack.. Jack intensitas modulasi intensitas dimodulasi pada tegangan 5 Vp-p atau lebih rendah.

20. Power connector. Untuk menghubungkan AC power cord.

21. AC Voltage Selector. CRO ini dapat bekerja pada tegangan 100V,120V,220V dan 240V. Pemilihan posisi tegangan tersebut dengan AC Voltage Selector.

22. Fuse holder. Untuk tegangan operasi 100 ~ 120 V dipakai 0,7 ampere. Untuk tegangan operasi 220 ~ 240V dipakai fuse 0,3 ampere.

23. Cord reel. Dipakai untuk melingkarkan power cord cable pada saat CRO disimpan. Juga berfungsi sebagai penyangga kalau CRO dipakai pada posisi berdiri tegak.

C. Setting up CRO

Sebelum menggunakan CRO perlu dilakukan persiapan awal atau *setting-up procedure*. Untuk melakukan *setting-up* siswa perlu mamahami dengan benar semua tombol kontrol serta fungsinya, yang telah diuraikan pada bagian B di atas. Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut :

Gambar 1.2. Posisi tombol-tombol kontrol dalam keadaan CRO setting-up.

1. Aturlah posisi tombol kontrol seperti pada gambar.1.2.
2. Pastikan tegangan kerja yang dipakai di laboratorium. Periksa apakah AC Voltage selector sudah pada posisi yang tepat.
3. Kalau sudah tepat maka putar tombol POWER (7) searah putaran jarum jam sampai ON dan LED menyala.
4. Sumbu horizontal akan nampak. Bila tidak nampak pada pusat screen, maka atur POSITION (1). Atur INTENSITY (7). Bila tetap kurang tajam maka atur FOCUS (8).
5. Osiloskop sekarang siap dipakai untuk melakukan pengukuran. Pasang tegangan input signal ke INPUT (2). Putar tombol VOLT / DIV (4) searah jarum jam untuk mendapatkan ukuran bentuk gelombang yang dikehendaki.

6. Dengan menekan tombol LEVEL(12), fungsi free running dicabut, sehingga bentuk gelombang akan hilang bila tombol diputar searah jarum jam, dan akan nampak lagi pada posisi mendekati tengah (MID). Gelombang akan hilang lagi kalau tombol diputar kearah kebalikan jarum jam dari posisi MID.
7. Bila komponen signal DC yang diukur, atur tombol AC-GND-DC pada posisi DC. Bila signal positif maka signal akan bergerak naik, dan sebaliknya bila signal negatif maka akan bergerak turun. Titik referensi tegangan "0" diperiksa pada posisi GND. Kalau meleset dari titik NOL maka bentuk signal dapat ditepatkan padaposisi NOL.

D. Cara mengkalibrasi CRO

Sebelum menggunakan CRO pada penggunaan pengukuran harus dilakukan pengkalibrasian terlebih dahulu. Kalibrasi yang dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1. Kalibrasi tegangan.

Kalibrasi tegangan dilakukan apabila CRO akan dipakai untuk mengukur tegangan signal dari bentuk gelombang tertentu. Langkah kerjanya dilakukan sebagai berikut :

- a. Siapkan CRO dengan prosedur setting-up seperti di atas.
- b. Siapkan probe CRO (PC-21 atau yang sesuai) atur perbandingan input pada posisi 1 : 1.
- c. Atur VOLT/DIV Switch pada posisi 1 V / div. Variable Control diputar searah jarum jam penuh sampai posisi CAL.
- d. Kaitkan ujung probe ke terminal CAL 1 Vp-p. Dan pada layar akan nampak bentuk signal kotak dengan tegangan 1 Vp-p. Bila signal tidak berhenti bergerak atur LEVEL control pada posisi PULL Auto Switch sampai signal mudah dibaca.
- e. CRO selanjutnya siap dipakai untuk mengukur tegangan, jangan mengubah posisi Variable Control. Artinya tetap pada posisi CAL.

2. Kalibrasi waktu.

Untuk keperluan pengukuran frekuensi dan periode harus dilakukan kalibrasi waktu. Langkah kerjanya adalah sebagai berikut :

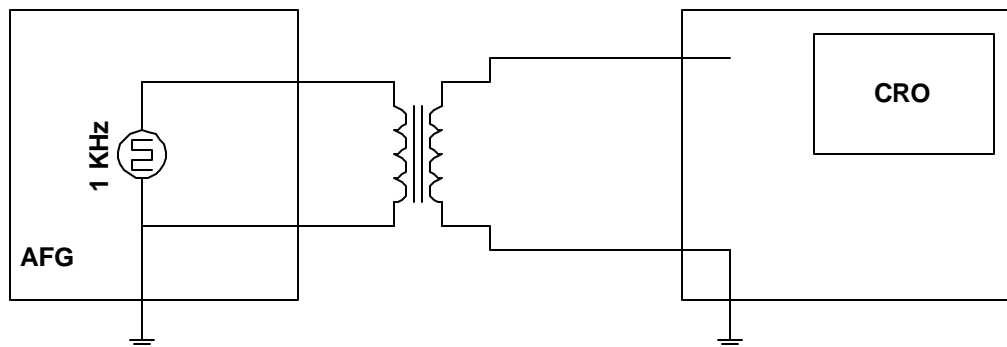
- a. Siapkan CRO seperti pada prosedur setting-up.
- b. Siapkan probe CRO (PC-21 atau yang sesuai) atur perbandingan input pada posisi 1 : 1.
- c. Atur VOLT/DIV Switch pada posisi 1 V / div. Variable Control diputar searah jarum jam penuh sampai posisi CAL.
- d. Kaitkan ujung probe ke terminal CAL 1 V_{p-p}. Dan pada layar akan nampak bentuk signal kotak dengan tegangan 1 V_{p-p}. Bila signal tidak berhenti bergerak atur LEVEL control pada posisi PULL Auto Switch sampai signal mudah dibaca.
- e. Atur SWEEP TIME / DIV Switch pada posisi 1 ms. Atur Variable Control pada posisi CAL (putar kanan maksimum).
- f. Pada layar CRO akan nampak gelombang kotak dengan tinggi tegangan 1 V_{p-p}. Periode nya adalah 20 ms. Berarti frekuensinya adalah $f = 1 / 20 \times 1000 \text{ Hz} = 50 \text{ Hz}$.
- g. Selanjutnya CRO siap dipakai untuk mengukur frekuensi atau periode dengan tidak boleh mengubah posisi Variable Control dari SWEEP TIME / DIV Switch pada posisi CAL.

E. Teknik-teknik pengukuran dengan menggunakan CRO

Pada teknik pengukuran dengan CRO akan diuraikan cara-cara pengukuran beberapa besaran sebagai berikut :

1. Pengukuran tegangan
 - a) Lakukan setting-up CRO
 - b) Lakukan kalibrasi tegangan
 - c) Siapkan sumber yang akan diukur tegangannya seperti pada gambar 1.3.
 - d) Atur frekuensi AFG pada 1 KHz, dengan tegangan 10 V_{p-p}, berbentuk gelombang sinus.

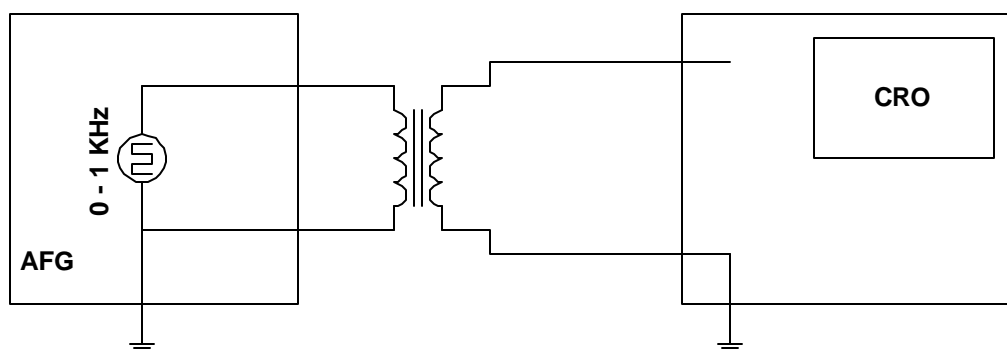
- e) Pindahkan probe CRO ke titik pengukuran. Ukurlah tegangan pada titik output AFG, dan titik-titik sekunder trafo (Catatan: Ambillah pada titik-titik terminal trafo, yang dipakai dari jenis step-down 220/110 ~ 15-0-15 , 500 mA). Catatan : $1V_{rms} = 0,707 V_{maks}$. $V_{p-p} = 2 V_{maks}$ (SINUS).
- f) Bacalah nilai tegangan yang telah disebutkan di atas dalam satuan V_{p-p} .



Gambar 1.3 Rangkaian untuk mengukur tegangan.

2. Pengukuran periode

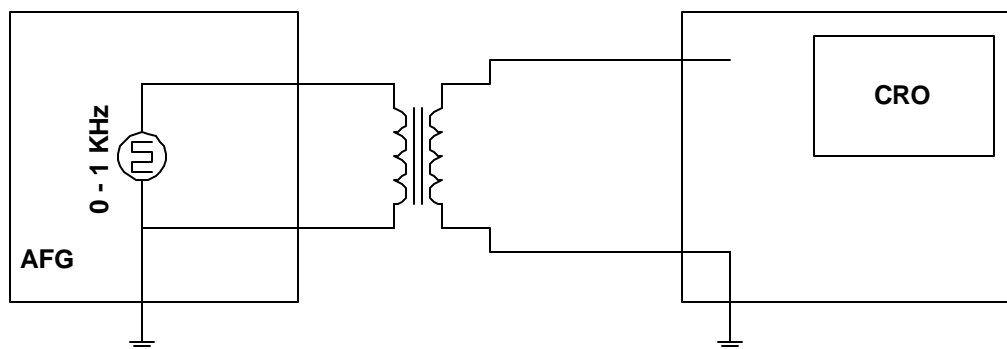
- a) Lakukan setting-up CRO
- b) Lakukan kalibrasi waktu
- c) Siapkan AFG, seperti pada gambar 1.4
- d) Pindahkan probe CRO ke output AFG, atur frekuensi dari 10 – 1 KHz, dengan tegangan sumber dari AFG 10 V_{p-p} , bentuk gelombang kotak.
- e) Lakukan pengukuran periode pada titik-titik : output AFG, titik-titik sekunder trafo. Bacalah lebar waktu 1 periode (T), untuk beberapa frekuensi sumber.



Gambar 1.4. Rangkaian untuk mengukur periode

3. Pengukuran frekuensi

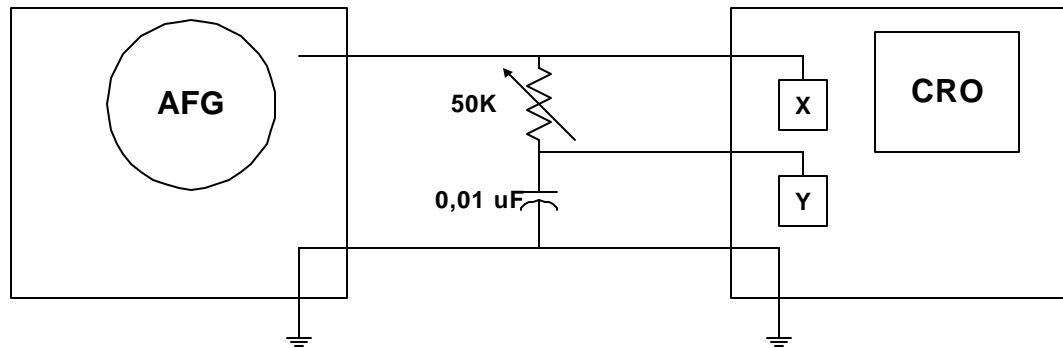
- a) Lakukan setting-up CRO
- b) Lakukan kalibrasi waktu
- c) Siapkan AFG, atur frekuensi dari 10 – 1 KHz, dengan tegangan sumber dari AFG 10 Vp-p, bentuk gelombang kotak.
- d) Pindahkan probe CRO ke output AFG
- e) Lakukan pengukuran periode pada titik-titik : output AFG, titik-titik sekunder trafo. Bacalah lebar waktu 1 periode (T), untuk beberapa harga frekuensi sumber.
- f) Bacalah lebar waktu 1 periode (T)
- g) Nilai $f = 1 / T$



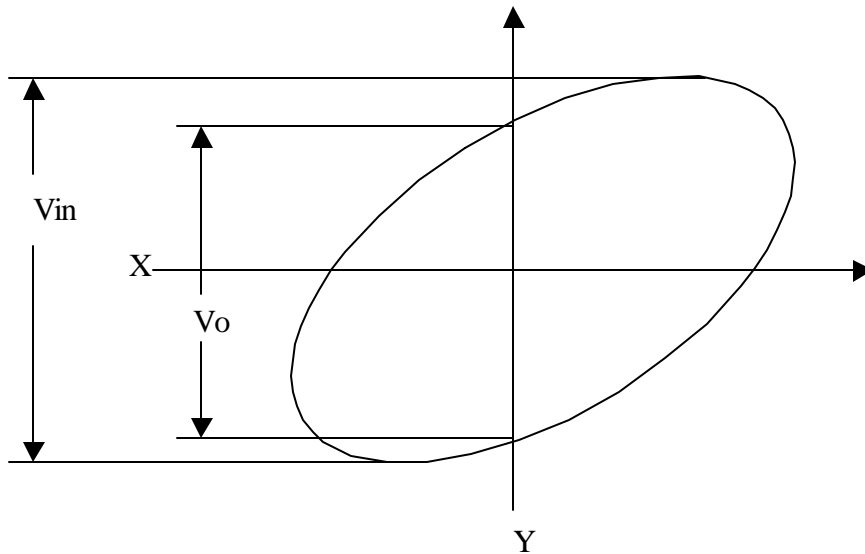
Gambar 1.5. Rangkaian untuk mengukur frekuensi

4. Pengukuran beda fasa

- a) Lakukan setting-up CRO
- b) Siapkan AFG, pilih pada bentuk sinus
- c) Siapkan rangkaian yang akan diukur beda fasanya, seperti pada gambar 1.6
- d) Masukkan signal sinus ke input rangkaian (c)
- e) Siapkan output AFG ke channel Y, dan output rangkaian ke channel X
- f) Dengan saklar pemilih channel ke DUAL lihatlah beda fasa pada layar
- g) Untuk melihat pola Lissajous pindahkan posisi saklar SWEEP TIME / DIV ke posisi X-Y



Gambar 1.6. Rangkaian untuk mengukur beda fasa.



Rumus yang dipakai untuk mencari sudut beda fasa (ϕ) adalah :

$$\phi = \arcsin V_o / V_{in}$$

Dimana , $V_o = X_c / (R_{pot} + X_c) V_{in}$

$$X_c = 1 / (6,28 f C)$$

Gambar 1.7. Pola Lissajous menampilkan beda fasa signal input-output

LEMBAR KERJA

Modul : Menggunakan Alat Ukur Elektronik
Topik : Menggunakan Cathode Ray Oscilloscope (CRO)
Tingkat : I (satu)
WAKTU : 8 X 50 menit

TUJUAN :

Setelah menyelesaikan kegiatan ini siswa diharapkan akan mampu :

- a. Mengoperasikan fungsi tombol-tombol kontrol pada CRO.
- b. Melakukan kalibrasi CRO dengan benar.
- c. Melakukan cara pengukuran tegangan, periode, frekuensi dan perbedaan fasa pada CRO dengan benar.

ALAT YANG DIPAKAI

1. CRO 1 buah
2. AFG 1 buah

BAHAN YANG DIBUTUHKAN

1. Rangkaian pengukur beda fasa.
2. Rangkaian pengukuran tegangan, frekuensi dan periode.
3. Probe CRO MODEL PC-21 2 buah

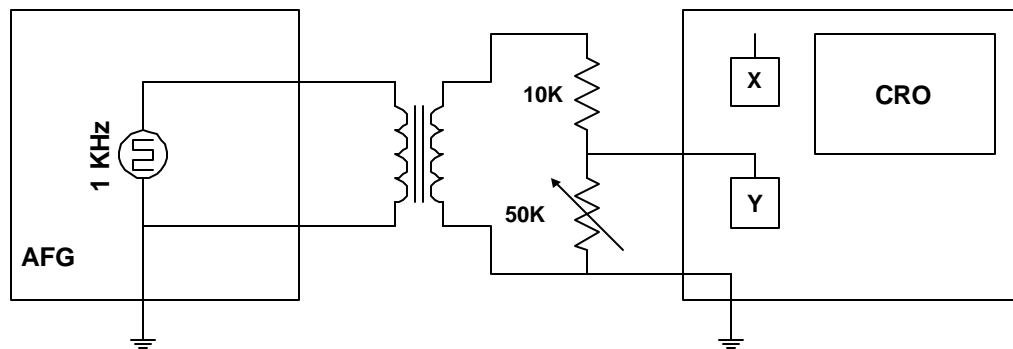
KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

1. Jaga pada keadaan stand by (siap kerja) intensitas berkas pada layar CRO tidak berbentuk spot (titik) .
2. Periksa apakah tegangan ground pada CRO atau AFG benar-benar NOL Volt. Hal tersebut ukurlah terhadap titik netral stop kontak.
3. Bila ada tegangan pada ground laporkan pada teknisi atau instructor, hentikan percobaan matikan sumber daya.

LANGKAH KERJA

1. Pengukuran tegangan

- Siapkan CRO .
- Siapkan AFG. Pilih bentuk sinus pada frekuensi 1 kHz.
- Lakukan setting-up CRO dengan benar.
- Lakukanlah kalibrasi tegangan dengan benar.
- Setelah CRO siap dipakai pilihlah kanal Y. Siapkan rangkaian percobaan sesuai dengan gambar 1.8. Masukkan tegangan dari AFG. Atur tegangan signal output sekunder trafo = 3 Vp-p, dengan 3 variasi bentuk gelombang. Tentukan nilai efektif, dan nilai maksimumnya bila Rpot pada harga 20 K ohm. Isikan hasilnya pada Tabel 1.1



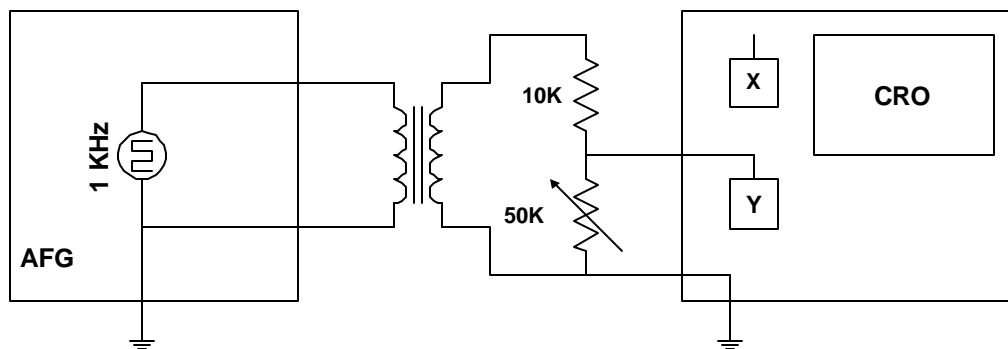
Gambar 1.8. Rangkaian untuk mengukur tegangan .

Tabel 1.1. Gambar bentuk gelombang dan nilai tegangannya

Gambar bentuk gelombang	Nilai Vp-p	Nilai Vrms	Nilai Vmaks

2. Pengukuran periode dan frekuensi

- Siapkan CRO dan AFG.
- Lakukan setting-up CRO dengan benar.
- Lakukan kalibrasi waktu pada CRO.
- Buat rangkaian seperti pada gambar 1.9. Atur frekuensi AFG pada 1 KHz, dengan tegangan output 10 Vp-p, bentuk gelombang sinus. Atur Rpot pada 40K ohm, sehingga tegangan output diharapkan sebesar 8 Vp-p.
- Atur frekuensi AFG sesuai Tabel.1.2. Isikan nilai periode dan hitung frekuensinya pada kolom yang tersedia.



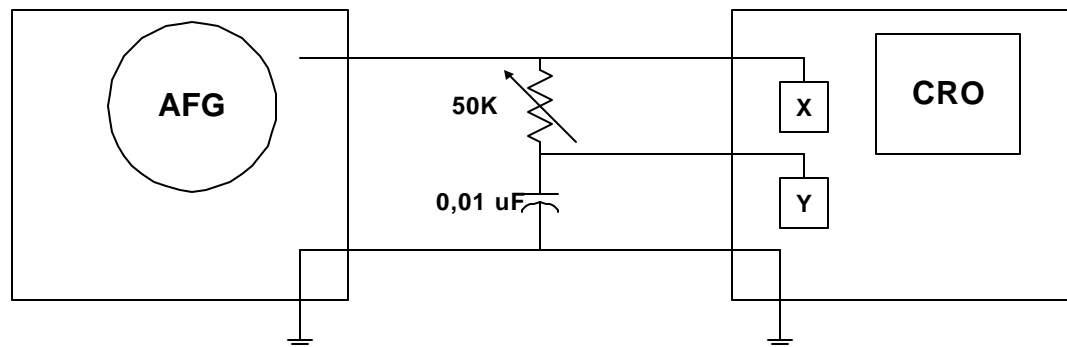
Gambar 1.9 Rangkaian untuk pengukuran frekuensi dan periode.

Tabel.1.2. Frekuensi AFG, periode dan frekuensinya

Bentuk gelombang	Frekuensi AFG (Hz)	Periode (det)	Frekuensi hitung (Hz)
Sinus	100		
	500		
	1.000		
	4.000		
	10.000		
Square	200		
	600		
	2.000		
	5.000		
	15.000		

3. Pengukuran beda fasa

- Siapkan CRO dan AFG
- Lakukan setting-up CRO dengan benar.
- Siapkan AFG
- Siapkan rangkaian untuk mengukur beda fasa, seperti pada gambar 1.10
- Atur frekuensi AFG pada 1 KHz dengan tegangan sinus sebesar 1 Vp-p.
- Masukkan tegangan tersebut ke input rangkaian beda fasa
- Atur kanal X untuk signal input dan kanal Y untuk signal output rangkaian beda fasa.
- Dengan posisi saklar pemilih kanal pada DUAL, tampilkan kedua bentuk gelombang signal pada layar CRO.
- Dengan posisi saklar SWEEP TIME / DIV pada X-Y, periksa bentuk pola Lissajous pada layar CRO.



Gambar 1.10 Rangkaian untuk mengukur beda fasa

- Dengan mengatur tahanan potensiometer 50 K ohm sesuai Tabel, catat nilai V_x dan V_y , gambarkan bentuk pola Lissajous yang terjadi. Hitunglah beda fasa yang terjadi. Rumus yang dipakai adalah :

$$\phi = \arcsin V_o / V_{in}$$

Dimana , $V_o = X_c / (R_{pot} + X_c) V_{in}$; $V_o = V_y$; $V_{in} = V_x$
 $X_c = 1 / (2\pi f C)$

Tabel 1.3. Percobaan mengukur beda fase

No.	Rpot (Ω)	Vo(V)	Vin(V)	Äö(hit)	Gambar Lissajous
1.	50K				
2.	40K				
3.	30K				
4.	20K				
5.	10K				
6.	8K				
7.	4K				
8.	2K				
9.	1K				
10.	0K				

LEMBAR LATIHAN 1.

Dalam latihan ini siswa mendapat tugas melakukan kegiatan belajar untuk menjawab beberapa pertanyaan sebagai berikut :

1. Sebutkan tiga kegunaan CRO dalam pengukuran .
2. Pada layar CRO terukur tegangan sebesar 10 Vp-p, berapakan Vrms nilai tegangan tersebut. Isilah kolom yang kosong pada Tabel 1.4. berikut :

Tabel 1.4.

Vp-p	Vrms	Vp-p	Vrms
10		30	
15		36	
18		40	
21		45	
24		50	
28		60	

3. Bila pada gambar pola Lissajous (gambar 1.7) untuk mengukur terjadinya beda fasa dua buah gelombang sinus, diketahui perbandingan V_o dan V_i , maka berapa derajat sudut beda fasanya ? Isikan pada Tabel 1.5. berikut :

Tabel 1.5.

V_o/V_i	ϕ	V_o/V_i	ϕ
0,1		0,6	
0,2		0,7	
0,3		0,8	
0,4		0,9	
0,5		1,0	

4. Bila diketahui frekuensi yang diukur berapakah nilai T (periode) dari gelombang sinus dalam tabel 1.6 berikut.

Tabel 1.6.

Frek(Hz)	Periode (det)	Frek(Hz)	Periode (det)
50		2.000	
100		4.000	
200		8.000	
500		10.000	
1000		20.000	

5. Bila dari suatu data amatan perioda dimisalkan diperoleh data seperti pada Tabel 1.7 berapakah frekuensinya ?

Tabel 1.7.

Periode(ms)	Frek (Hz)	Periode (ms)	Frek(Hz)
2		20	
4		30	
5		40	
10		50	

<p style="text-align: center;">KEGIATAN BELAJAR II</p> <p style="text-align: center;">MENGGUNAKAN AUDIO FREQUENCY GENERATOR (AFG)</p>

Petunjuk Umum :

Dalam kegiatan belajar 2 ini, siswa akan melakukan 3 (tiga) sub kegiatan yaitu :

1. Mempelajari lembar informasi,
2. Melakukan kegiatan praktek dengan pedoman lembar kerja, dan
3. Melakukan evaluasi dengan mengerjakan lembar latihan.

LEMBAR INFORMASI

Modul : Menggunakan Alat Ukur Elektronik
Topik : Menggunakan Audio Frequency Generator (AFG)
Tingkat : I (satu)
WAKTU : 4 X 50 menit

PETUNJUK UNTUK SISWA

Pelajaran ini merupakan kelanjutan materi terdahulu yaitu penggunaan alat ukur listrik. Judul kegiatan belajar ini adalah Menggunakan Audio Frequency Generator (AFG). Pelajarilah dengan baik isi lembar informasi ini. Apabila anda mendapat kesulitan mintalah petunjuk guru. Jangan menuliskan apapun dalam Lembar Informasi tersebut. Usahakanlah tugas ini dapat anda selesaikan dalam waktu 4 X 50 menit.

Tujuan :

Setelah menyelesaikan kegiatan ini siswa diharapkan akan mampu :

1. Siswa mampu mengidentifikasi fungsi beberapa tombol kontrol pada panel Audio Frequency Generator (AFG) dengan benar.
2. Siswa mampu memahami beberapa penggunaan dari Audio Frequency Generator (AFG).

3. Siswa mampu mempersiapkan dan menggunakan Audio Frequency Generator (AFG) dalam pengukuran dengan benar.

PENDAHULUAN

Dalam membahas Audio Frequency Generator (AFG) akan diuraikan deskripsi singkat mengenai AFG. Pada pembahasan ini diambil sebagai contoh model AG-202 A. dari blok diagram yang tersedia maka AFG terdiri dari beberapabagan penting. Performans secara keseluruhan memberikan gambaran secara umum, bahwa AFG akan memberikan dua bentuk gelombang yaitu sinus dan kotak. Impedansi output sebesar 600 Ohm, dengan attenuasi 3 tahap : 0 dB; - 20 dB dan - 40 dB.

Sebagai bagian pokok dari AFG ini adalah osilator Jembatan Wien. Frekuensi AFG akan dapat bervariasi dari 20 Hz sampai 200 KHz, yang terbagi dalam 4 range. Jenis jembatan Wien ini banyak dipakai pada osilator pembangkit frekuensi karena gelombang sinus yang dibangkitkan bersifat murni.

Catu daya yang dibutuhkan AFG ini adalah dari input trafo yang dapat diberikan tegangan AC dari 230 V, atau 100 V dan 117V. Catu daya DC yang dihasilkan dari power supply adalah tegangan B+ sebesar 48Volt.

TOMBOL KONTROL DAN FUNGSINYA

Pada panel depan

1. LAMPU NEON

Lampu pilot neon akan menyala bila saklar POWER (2) pada keadaan ON.

2. POWER

Saklar geser untuk power bila digeser ke arah kanan akan meng ON kan AFG.

3. OUTPUT ATT

Output attenuator. dipakaidalam hubungannya dengan kontrol OUTPUT LEVEL (8), saklar dapat memilih posisi attenuasi mendekati : 0 dB; -20dB ; - 40 dB (3 step).

4. GND
Terminal grounding.
5. OUTPUT = 600 \dot{U}
Terminal output dengan impedansi mendekati 600 \dot{U}
6. WAVE FORM
Saklar pemilih bentuk gelombang. Gelombang sinus kalau saklar digeser ke arah kanan. Dan gelombang akan berbentuk kotak bila digeser ke arah kiri.
7. FREQ RANGE
Saklar pemilih frekuensi range, angka penunjukan jarum pada skala dial (10) dikalikan dengan posisi saklar setting frekuensi (11)
8. OUTPUT LEVEL
Tombol kontrol ini memberikan variasi tegangan output sinus dari 0 sampai 10 Vrms.
9. FREQUENCY
Dial pengatur frekuensi mengatur jarum penunjuk (11), berisi variabel kapasitor, yang menghasilkan variasi frekuensi osilasi.
10. SCALE PLATE
Papan skala dial bervariasi dari 20 sampai 200 untuk frekuensi osilasi.
11. POINTER
Jarum penunjuk yang memberikan penunjukan setting skala dial

Pada panel belakang

12. SYNC INPUT
Terminal input untuk sinkronisasi dari luar (external)
13. GND
Terminal grounding untuk signal sinkronisasi dari luar.
14. POWER CORD.
Power cord untuk daya listrik.

Tombol kontrol pada panel depan dan belakang AFG nampak pada gambar 2.1

Gambar 2.1 Tata letak tombol kontrol pada AFG

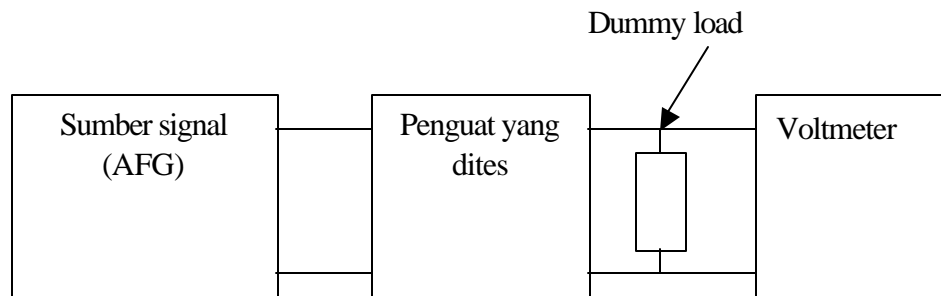
Penggunaan Audio Frequency Generator

Dalam pemakaiannya pada pengukuran ada beberapa penggunaan bentuk gelombang sinus yaitu sebagai berikut:

1. Pengukuran karakteristik input-output (gain) penguat.

Adapun setting pengukurannya adalah sebagai berikut :

- Buatlah pengamatan seperti pada gambar 2.2.
- Atur frekuensi AFG pada nilai 1 KHz dan tegangan input 1Vrms.
- Naikkan tegangan input mulai dari nol sehingga sampai muncul tegangan pada dummy load yang terpasang pada output rangkaian.
- Buatlah kurva hubungan antara tegangan output terhadap kenaikan tegangan inputnya.
- Hitunglah nilai penguatan tegangan ($=G=Av$), dimana $Av = 20 \log (E_{out} / E_{in})$ (dB)



Gambar 2.2 Pengukuran karakteristik input-output

2. Pengukuran frekuensi respons

Adapun setting pengukurannya adalah sebagai berikut :

- Persiapkan AFG pada bentuk gelombang sinus, frekuensi 1 KHz. Atur amplitudo output AFG yang akan menghasilkan tegangan output amplifier sebesar 6 Vrms (dengan Voltmeter elektronik, atau 6 Vp-p dengan menggunakan CRO).
- Atur frekuensi AFG mulai dari 20 Hz sampai 200 KHz, dengan output AFG dijaga tetap. Bacalah tegangan output amplifier dengan pembacaan pada Voltmeter elektronik, atau dapat juga dengan menggunakan CRO.

- c. Buatlah kurva hubungan antara tegangan output amplifier terhadap perubahan frekuensi dengan skala semilogaritmik.
- d. Carilah kedua titik frekuensi (f_L dan f_H) dimana pada frekuensi tersebut nilai tegangan output turun 3 dB.

LEMBAR KERJA

Modul : Menggunakan Alat Ukur Elektronik
Topik : Menggunakan Audio Frequency Generator (AFG)
Tingkat : I (satu)
Waktu : 8 X 50 MENIT

Setelah menyelesaikan kegiatan ini diharapkan :

- a. Siswa mampu mengidentifikasi fungsi beberapa tombol kontrol pada panel Audio Frequency Generator (AFG) dengan benar.
- b. Siswa mampu memahami beberapa penggunaan dari Audio Frequency Generator (AFG).
- c. Siswa mampu mempersiapkan dan menggunakan Audio Frequency Generator (AFG) dalam pengukuran dengan benar.

ALAT YANG DIPAKAI

1. CRO	1 buah
2. AFG	1 buah
3. Voltmeter elektronik	1 buah

BAHAN YANG DIGUNAKAN

1. Rangkaian penguat	1 buah
2. Probe CRO model PC 21	1 buah
3. Dummy load, 16 Ohm, 15 Watt	1 buah
4. Kertas semi logarithmic	1 buah

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

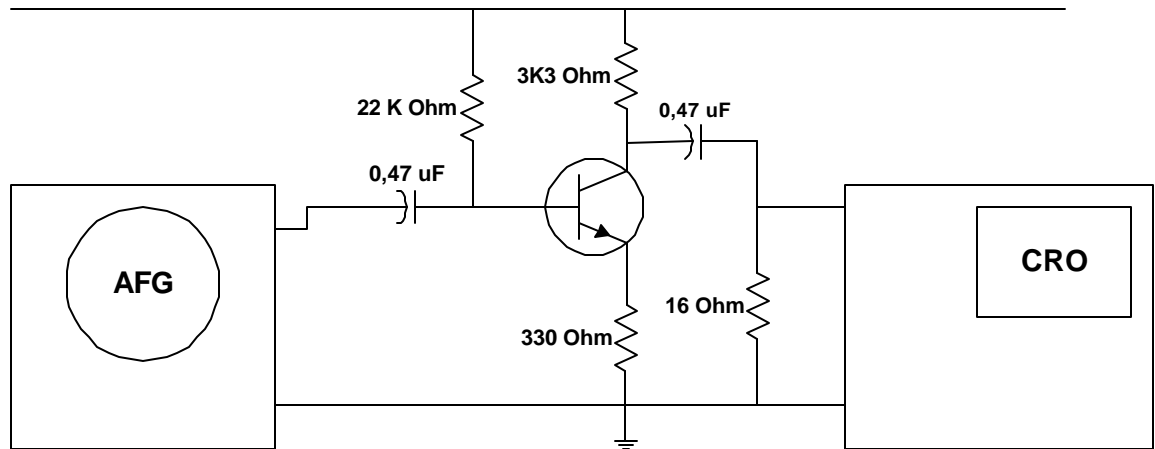
1. Jaga pada keadaan stand by intensitas berkas pada layar CRO tidak berbentuk spot (titik), tetapi garis lurus.
2. Periksa apakah tegangan pada ground CRO dan AFG terhadap netral stop kontak tetap 0 Volt.
3. Bila ternyata tegangan ground tersebut tidak sama dengan nol, laporkan pada teknisi atau instruktur, hentikan sementara percobaan.
4. Jangan biasakan memutar tombol-tombol kontrol diluar ketentuan praktikum
5. Jangan coba masukkan tegangan DC atau apapun ke terminal output AFG.
6. Jangan coba memasukkan tegangan apapun ke input terminal EXT SYNC, selain tegangan eksternal sinkronisasi yang diperlukan (tanyakan pada instruktur).
7. Jangan menggunakan AFG dan CRO pada tempat yang bersuhu sangat tinggi, kelembaban tinggi dan dalam medan elektromagnetik tinggi.

LANGKAH KERJA

1. Pengukuran karakteristik input-output penguat

Dalam pengukuran karakteristik input-output penguat ini dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Siapkan rangkaian percobaan seperti pada gambar 2.3
- b. . Atur frekuensi AFG pada nilai 1.000Hz, dengan bentuk gelombang sinus. Tegangan input 1 Vrms.
- c. Naikkan tegangan input mulai dari nol sehingga sampai muncul tegangan pada *dummy load* 16 Ohm yang terpasang pada output penguat.
- d. Buatlah kurva hubungan antara tegangan output terhadap kenaikan tegangan inputnya.
- e. Hitunglah nilai penguatan tegangan (A_v), dimana $A_v = 20 \log (E_{out}/E_{in})$.



Gambar 2.3 Pengukuran karakteristik input-output

2. Pengukuran frekuensi respons

Dalam pengukuran frekuensi respons penguat ini dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Lakukan setting-up CRO dengan benar..
- b. Lakukan kalibrasi tegangan dengan benar.
- c. Siapkan AFG dengan bentuk signal sinus, frekuensi 1 KHz. Atur tegangan output AFG sehingga tegangan yang dihasilkan pada output penguat 6 Vp-p pada layar CRO.
- d. Atur frekuensi AFG dari 20 Hz sampai 200 KHz dengan menjaga tegangan output AFG tetap stabil.
- e. Dengan mengamati tegangan output penguat, yang tegangan inputnya divariasikan dari langkah (2.d), isikan data percobaan pada Tabel 2.1
- f. Buatlah kurva hubungan antara penguatan tegangan (A_v) pada sumbu tegak, dan perubahan frekuensi pada sumbu mendatar, pada kertas semi logarithmic.
- g. Carilah titik frekuensi yang memiliki nilai penguatan turun 3 dB, yaitu titik f_L dan f_H .

Tabel 2.1 Pengamatan frekuensi respons penguat.

Frekuensi (Hz)	Voutput (Volt)	Av (dB)	f_L dan f_H
20			
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			
1.000			
2.000			
3.000			
4.000			
5.000			
6.000			
7.000			
8.000			
9.000			
10.000			
20.000			
50.000			
60.000			
70.000			
80.000			
90.000			
100.000			
200.000			

LEMBAR LATIHAN . 2

Pada kegiatan belajar 2 ini dilakukan latihan untuk menjawab beberapa pertanyaan sebagai berikut :

1. Apakah fungsi pokok AFG ?
2. Berapakah rentang frekuensi audio ?
3. Berapakah rentang frekuensi audio dari AFG yang anda pakai ?
4. Berapakah nilai perbandingan V_{out} terhadap V_{input} berikut dalam satuan dB, isikan pada tabel 2.2., kalau diberikan V_{in} 10 Vp-p
5. Sebutkan bentuk gelombang yang dihasilkan oleh AFG.

Tabel 2.2.

$V_o(V_{p-p})$	V_o/V_i (dB)	V_o (Vp-p)	V_o/V_i (dB)
1		6	
2		6,5	
3		7	
4		7,5	
5		8	

LEMBAR EVALUASI

Modul	: Menggunakan Alat Ukur Elektronik
Topik	: 1. Menggunakan Cathode Ray Oscilloscope (CRO) 2. Menggunakan Audio Frequency Generator (AFG)
Tingkat	: I (satu)
WAKTU	: 8 X 50 menit

Tujuan :

Setelah menyelesaikan kegiatan ini siswa diharapkan akan mampu :

- a. Mengoperasikan fungsi tombol-tombol kontrol pada CRO dan AFG.
- B. Melakukan kalibrasi CRO dengan benar.
- c. Melakukan cara pengukuran tegangan, periode, frekuensi dan perbedaan fasa pada CRO dengan benar.
- d. Melakukan pengukuran frekuensi respons

1. Tes Pengetahuan.

Mengapa dalam menggunakan CRO harus dihindari gambar bentuk titik (spot), yang terlalu lama ?

- a. Berapakah nilai maksimum kemampuan mengukur tegangan AC pada CRO ?
- b. Berapakah nilai impedansi input pada terminal input CRO, apakah termasuk berimpedansi tinggi ?
- c. Bagaimanakah prosedur pengukuran tegangan dengan CRO ?
- d. Bagaimanakah prosedur mengukur frekuensi dengan CRO ?

2. Tes Performans

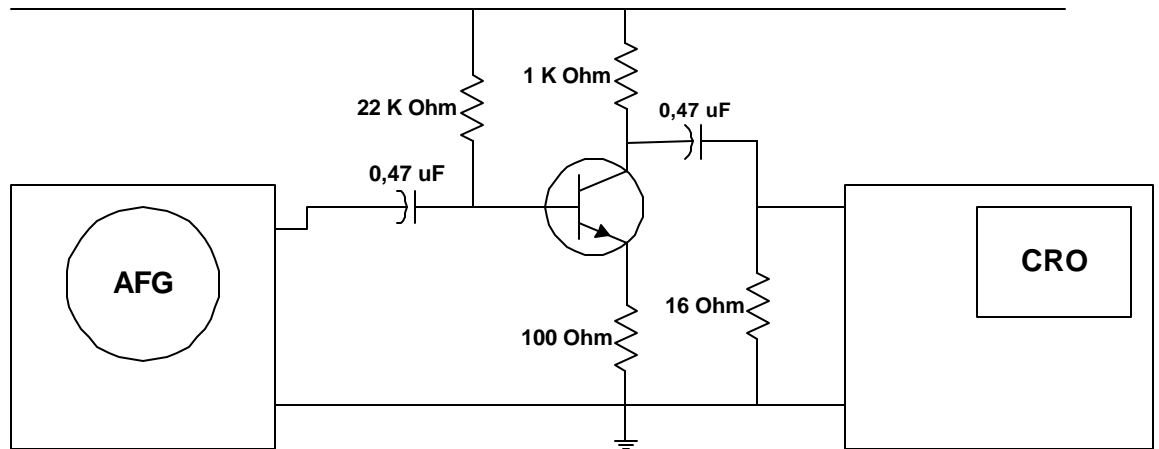
Dalam latihan ini siswa mendapat tugas melakukan kegiatan belajar untuk penguasaan kompetensi dalam menggunakan CRO pada pengukuran.

- a. Coba lakukan kembali prosedur setting-up CRO dengan benar.
- b. Coba lakukan kembali prosedur kalibrasi tegangan pada CRO dengan benar.
- c. Coba lakukan kembali prosedur kalibrasi waktu dengan benar.

- d. Lakukan pengukuran tegangan dengan menggunakan CRO tegangan yang keluar pada sekunder sebuah trafo step down : 0 – 6 V, 0~7,5V; 0 ~ 9V; 0 ~ 12V; 0 ~ 15V, bila tegangan terpasang pada primer trafo adalah 220 Volt AC. Berapakan nilai tegangan peak to peak, dan V_{maks} .
- e. Lakukan pengukuran frekuensi dan periode, menggunakan CRO signal sinus yang berasal dari AFG, kalau setting frekuensi pada AFG adalah : 50Hz, 100 Hz, 150 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 5000 Hz, 10.000Hz, 15.000 Hz dan 20.000Hz.
- f. Lakukan pengukuran beda fasa, dengan setting sebagai berikut: tegangan output AFG sama dengan pada langkah . pengaturan Rpot seperti Tabel 2.3, sedangkan dari gambar 1.10, kapasitor diganti 0,02 μ F, frekuensi AFG pada 1000 Hz.
- g. Pengukuran frekuensi respons. Dari rangkaian pada gambar 2.4, ukur frekuensi responsnya. Isikan hasilnya pada Tabel 2.4

Tabel 2.3 Percobaan mengukur beda fase

No.	Rpot (Ω)	$V_o(V)$	$V_{in}(V)$	$\Delta\phi$ (hit)	Gambar Lissajous
1.	24K				
2.	20K				
3.	16K				
4.	10K				
5.	7K				
6.	4K				
7.	1K				
8.	0K				



Gambar 2.4 Pengukuran frekuensi respons

Tabel 2.4 Pengamatan frekuensi respons .

Frekuensi (Hz)	Voutput (Volt)	Av (dB)	f_L dan f_H
20			
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			
1.000			
2.000			
4.000			
8.000			
10.000			
20.000			

LEMBAR KUNCI JAWABAN

Lembar kunci Jawaban Latihan

Lembar kunci Jawaban Latihan .1.

1. Kegunaan CRO adalah untuk mengukur tegangan, mengukur periode dan mengukur beda fase.
2. Konversi dari tegangan V_{p-p} ke V_{rms} .

V_{p-p}	V_{rms}	V_{p-p}	V_{rms}
10	3,53	30	10,60
15	5,30	36	12,72
18	6,36	40	14,14
21	7,42	45	15,90
24	8,48	50	17,67
28	9,90	60	21,21

3. Menghitung sudut fase.

V_o/V_i	$\phi (^{\circ})$	V_o/V_i	$\phi (^{\circ})$
0,1	5,74	0,6	36,87
0,2	11,54	0,7	44,43
0,3	17,46	0,8	53,13
0,4	23,58	0,9	64,16
0,5	30	1,0	90

4. Konversi frekuensi ke periode.

Frek(Hz)	Periode (ms)	Frek(Hz)	Periode (s)
50	20	2.000	500
100	10	4.000	250
200	5	8.000	125
500	2	10.000	100
1000	1	20.000	50

- Konversi periode ke frekuensi.

Periode(ms)	Frek (Hz)	Periode (ms)	Frek(Hz)
2	500	20	50
4	250	30	33,33
5	200	40	25
10	100	50	20

Lembar kunci Jawaban Latihan 2.

- Fungsi pokok AFG adalah untuk membangkitkan signal frekuensi audio.
- Rentang frekuensi audio adalah : 20 Hertz sampai 20.000 Hertz.
- Rentang AFG yang dipakai dalam modul ini (AG-202A) dari 20 Hertz sampai 200.000 Hertz.
- Konversi dari V_o / V_i dalam dB.

$V_o(V_{p-p})$	V_o/V_i (dB)	$V_o (V_{p-p})$	V_o/V_i (dB)
1	-20	6	-4,4
2	-14	6,5	-3,7
3	-10,9	7	-3
4	-8	7,5	-2,5
5	-6	8	-1,9

- Bentuk gelombang yang dihasilkan pada umumnya : sinus dan kotak. Ada juga yang sinus, kotak dan segitiga.

LEMBAR KUNCI JAWABAN EVALUASI

A. Pengetahuan (Kognitif)

1. Karena spot yang tajam dalam waktu yang lama akan dapat mempercepat keausan layar CRO.
2. Nilai tegangan maksimum yang dapat diukur : 600 Vp-p
3. Nilai impedansi input : $1\text{ M}\Omega \pm 5\%$
4. Prosedur pengukuran tegangan dengan CRO :
 - Lakukan setting-up CRO.
 - Lakukan kalibrasi tegangan
 - CRO siap dipakai.
5. Prosedur pengukuran frekuensi dengan CRO.
 - Lakukan setting-up CRO
 - Lakukan kalibrasi waktu.
 - Pasanglah probe ke sumber frekuensi, dan baca nilai T.
 - Nilai $f = 1 / T$.

B. Performance.

1. Prosedur setting up CRO:
2. Prosedur kalibrasi CRO :
3. Prosedur kalibrasi waktu
4. Tegangan keluaran yang terukur dari terminal-terminal sekunder trafo step-down, bila input trafo mendapat 220 VAC.

Vrms	6	7,5	9	12	15
Vp-p	16,97	21,23	25,46	33,95	42,43

5. Pengukuran periode (T) dari frekuensi-frekuensi pada tabel:

Frek(Hz)	50	100	150	500	1000	2000	5000	10.000	15.000	20.000
T(s)	20m	10m	6,67m	2m	1m	500 μ s	200 μ s	100 μ s	66,67 μ s	50 μ s

6. Pengukuran beda fase seperti terlibat pada tabel :

Rpot (μ)	24K	20K	16K	10K	7K	4K	1K	0K
$\Delta\phi(^{\circ})$	16	18	21	29	36	42	82,70	90

DAFTAR PUSTAKA

Braccio.M.(1978).*Basic Electrical and Electronic Tests and Measurements.*

Reston: Reston Publish.Co.

Chiang.Hai.H.(1984).*Electrical and Electronic Instrumentation.*

New York: John Wiley and Sons.

Trio. CS-1559 A. *Oscilloscope Instructon Manual*

Trio AG-202A CR *Oscillator Instrution Manual*