

Percobaan 1

Hubungan Seri, Paralel dan Kombinasi Suatu Tahanan

A. Tujuan Percobaan

Selesai melaksanakan percobaan ini, peserta diharapkan dapat :

1. Membuktikan bahwa nilai tahanan seri (R_s) dapat dicari dengan rumus :

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

2. Membuktikan bahwa nilai tahanan paralel (R_p) dapat dicari dengan rumus :

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

3. Menghitung nilai tahanan yang dihubungkan secara kombinasi berdasarkan rumus R_s dan R_p
4. Menentukan nilai tahanan pengganti pada hubungan seri, paralel dan kombinasi.

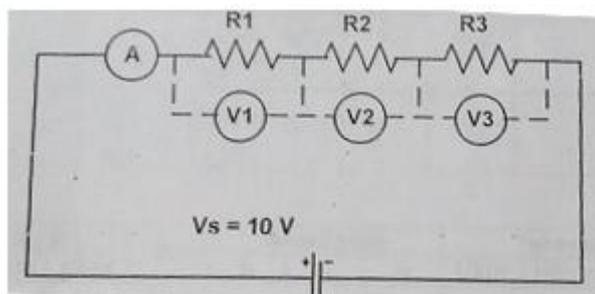
B. Alat dan Bahan Yang Digunakan

1. Sumber degangan DC
2. Alat ukur (AVO)
3. Panel percobaan
4. Kabel penghubung

C. Langkah Percobaan

C.1 Hubungan Seri

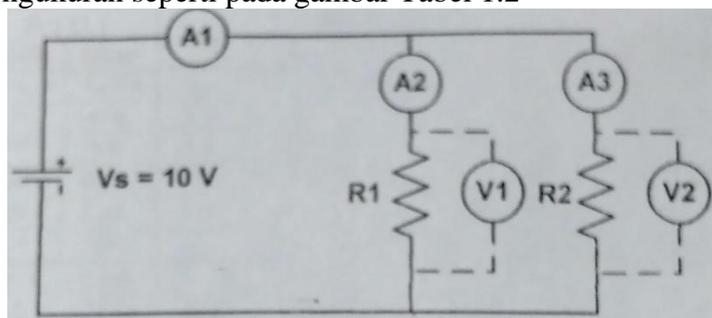
1. Telitilah semua peralatan / komponen sebelum digunakan.
2. Siapkan panel percobaan sesuai dengan rangkaian pada gambar 1.1
3. Lakukanlah pengukuran seperti pada gambar Tabel 1.1



Gambar 1.1

C.2 Hubungan Paralel

1. Telitilah semua peralatan / komponen sebelum digunakan.
2. Siapkan panel percobaan sesuai dengan rangkaian pada gambar 1.2
3. Lakukanlah pengukuran seperti pada gambar Tabel 1.2

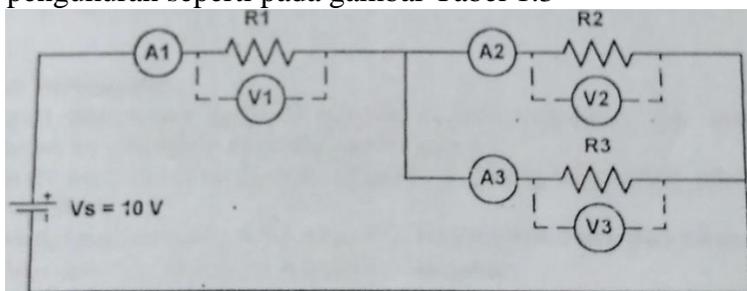


Gambar 1.2



C3 Hubungan Seri-Paralel

1. Telitilah semua peralatan / komponen sebelum digunakan.
2. Siapkan panel percobaan sesuai dengan rangkaian pada gambar 1.3
3. Lakukanlah pengukuran seperti pada gambar Tabel 1.3



Gambar 1.3

D. Data Percobaan

Tabel 1.1

No	R	R (Ω)		Tegangan (V)		Arus I (mA)	Tahanan Total		
		Kode	Ukur	V_R	V_{Tot}		Ukur	Hitung	Error (%)
1	R ₁								
	R ₂								
	R ₃								
2	R ₁								
	R ₂								
	R ₃								

Tabel 1.2

No	R	R (Ω)		V_R	Arus I (mA)			Tahanan Total		
		Kode	Ukur		I ₁	I ₂	I ₃	Ukur	Hitung	Error (%)
1	R ₁									
	R ₂									
2	R ₁									
	R ₂									
3	R ₁									
	R ₂									

Tabel 1.3

No	R	R (Ω)		V_R	Arus I (mA)			Tahanan Total		
		Kode	Ukur		I ₁	I ₂	I ₃	Ukur	Hitung	Error (%)
1	R ₁									
	R ₂									
	R ₃									
2	R ₁									
	R ₂									
	R ₃									
3	R ₁									
	R ₂									
	R ₃									



E. Tugas Dan Pertanyaan

1. Dari hasil percobaan anda, tunjukkan bahwa hubungan seri suatu tahanan merupakan penjumlahan dari tahanan-tahanan!
2. Sesuaikan percobaan rangkaian gambar 1.2 yang telah anda lakukan dengan teori ? Jelaskan !
3. Pada percobaan rangkaian gambar 1.3, bandingkan hasil pengukuran tegangan antara V_{R2} dan V_{R3} . Mengapa demikian ? Jelaskan !
4. Ada 7 buah tahanan, masing-masing adalah tahanan : $3 \times 18 \Omega$; $2 \times 10 \Omega$; dan $2 \times 1 \Omega$. Rangkailah tahanan tersebut agar diperoleh tahanan 13Ω !



Percobaan 2

Rangkaian Pembagi Tegangan

A. Tujuan Percobaan

Setelah melakukan percobaan ini, peserta diharapkan dapat :

1. Menghitung tegangan pada tiap-tiap resistor dari pembagi tegangan resistif tetap tanpa beban.
2. Menentukan secara analisis tegangan pada tiap-tiap titik common (ground) dari pembagi tegangan resistif variabel.
3. Membuktikan hasil perhitungan dengan melakukan percobaan (pengukuran) untuk rangkaian pembagi tegangan tanpa beban.
4. Menentukan secara analisis pengaruh beban terhadap tegangan pada rangkaian pembagi tegangan resistif.
5. Membuktikan secara eksperimen hasil tujuan ke-4.

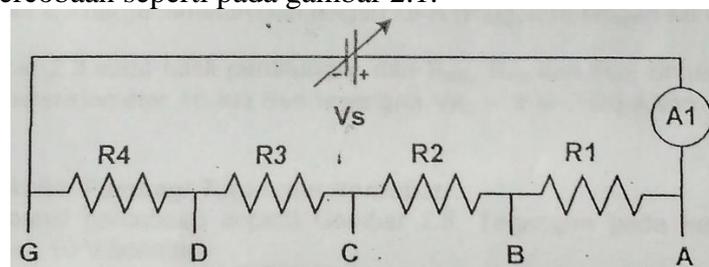
B. Alat dan Bahan Yang Digunakan

1. Sumber tegangan DC.
2. Alat ukur (AVO meter).
3. Panel percobaan.
4. Kabel penghubung.

C. Langkah Percobaan

C.1 Rangkaian Pembagi Tegangan Tanpa Beban

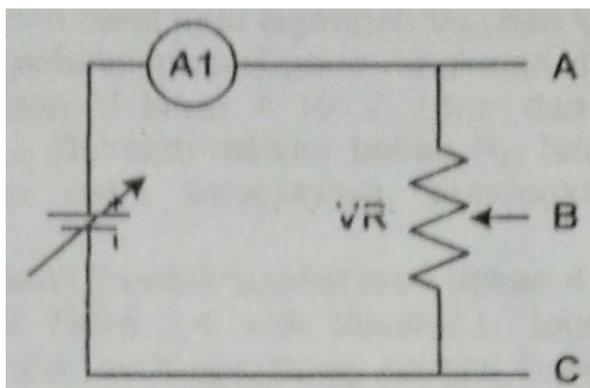
1. siapkan panel percobaan seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1

2. aturlah catu daya sehingga tegangan $V = 20V$ dan supaya dijaga tetap pada level ini. Ukur dan catat pada tabel 2.1, tegangan V , arus I dan tegangan V_1 , V_2 , V_3 dan V_4 , masing-masing adalah tegangan pada R_1 , R_2 , R_3 dan R_4 . Ukur dan catat juga V_{BG} , V_{CG} dan V_{DG} .
3. Hitung dan catat pada tabel 2.1 nilai I , V_1 , V_2 dan seterusnya. Tunjukkan perhitungan anda.
4. Atur level catu daya sehingga arus yang diukur $I = 0.001$ A. Ukur dan catat tegangan V , V_1 , V_2 dan seterusnya.
5. Hitung dan catat tegangan V yang menyebabkan arus $I = 0.001$ A. Hitung dan catat juga V_1 , V_2 dan seterusnya. Tunjukkan perhitungan anda.
6. Siapkan panel percobaan seperti gambar 2.2. Aturlah level catu daya sehingga tegangan $V = 20$ V dan jaga level ini tetap konstan.



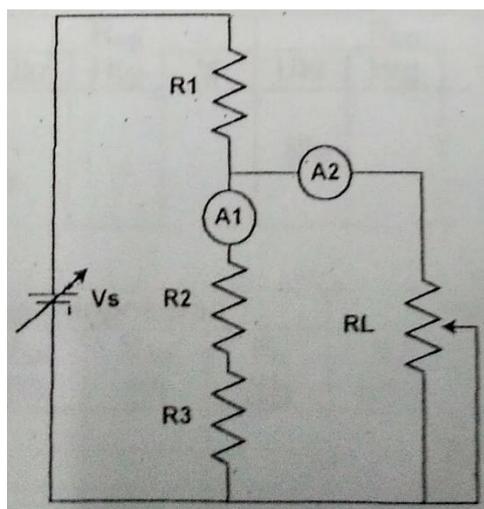


Gambar 2.2

7. Ukur dan catat pada tabel 2.2 tegangan V , arus I dan tegangan dari B ke C (V_{BC}) dan dari A ke B (V_{AB}) dengan variasi posisi potensiometer geser sebagai berikut :
 - a. Posisi maksimum (B pada A)
 - b. $\frac{3}{4}$ maksimum
 - c. Posisi di tengah
 - d. $\frac{1}{4}$ maksimum
 - e. Posisi minimum (B pada C)
 Jumlahkan dan catat tegangan V_{AB} dan V_{BC} pada masing-masing posisi potensio tersebut diatas.
8. Dengan V masih pada 20 V, aturlah lengan potensiometer, sehingga tegangan $V_{BC} = 9$ V. Ukur dan catat pada tabel 2.3 nilai I , V_{BC} dan V_{AB} .
9. Bukalah saklar S , jangan diubah posisi lengan potensiometer. Ukur dan catat pada tabel 2.3 harga tahanan dari lengan ke A (R_{AB}), dari lengan ke C (R_{BC}) dan R_{AC} .
10. pada tabel 2.3 catat hasil perhitungan dari R_{BC} , R_{AB} dan R_{AC} untuk $V = 20$ V, tahanan potensiometer $10\text{k}\ \Omega$ dan tegangan $V_{BC} = 9$ V. Tunjukkan perhitungan anda.

C.2 Rangkaian Pembagi Tegangan Berbeban

1. siapkan panel percobaan seperti pada gambar 2.3. tegangan pada keluaran catu daya adalah 10 V konstan.



Gambar 2.3

2. Dengan arus beban nol (beban terbuka), ukurlah arus bleeder I_1 (mA) dan catat pada tabel 2.4. ukur dan catat juga tegangan V_{BG} dan V_{AG} .
3. Hubungkan rheostat (potensiometer) pada rangkaian dan aturlah sehingga arus bebannya 2 mA dengan V tetap = 10 V. Ukur dan catat arus bleeder dan tegangan V_{BG} dan V_{AG} ,

bukalah resistor beban R_L , tetapi jangan diubah setting lengannya. Ukur dan catat tahanannya, hubungkan kembali R_L pengukuran.

4. Ulangi langkah percobaan 3 untuk kondisi arus beban 4 mA dan 6 mA.
5. Hitung dan catat pada tabel 2.4, arus bleeder I_1 , tegangan V_{BG} dan V_{AG} , dan tahanan R_L untuk masing-masing kondisi beban dalam percobaan ini. Tunjukkan hitungan anda.

D. Data Percobaan

Tabel 2.1

No		V	I	V_R							
				V_1	V_2	V_3	V_4	V_{BG}	V_{CG}	V_{DG}	
1	Ukur	20									
	Hitung										
	Error (%)										
2	Ukur		0.001								
	Hitung										
	Error (%)										

Tabel 2.2

Posisi lengan	Nilai Pengukuran				Nilai Perhitungan $V_{AB} + V_{BC}$
	V	I	V_{AB}	V_{BC}	
maks (B pada A)					
$\frac{3}{4}$ maksimum					
Posisi di tengah					
$\frac{1}{4}$ maksimum					
min (B pada C)					

Tabel 2.3

V	I	V		Harga R (Ω)														
		V_{BC}	V_{AB}	R_{AB}			R_{BC}			R_{AC}								
				Ukr	Htg	%	Ukr	Htg	%	Ukr	Htg	%						
20																		

Tabel 2.4

V (Volt)	I_L (mA)	Nilai Pengukuran				Nilai Perhitungan			
		I_1 (mA)	V_{BG} (V)	V_{AG} (V)	R_L (Ω)	I_1 (mA)	V_{BG} (V)	V_{AG} (V)	R_L (Ω)
10	0								
10	2								
10	4								
10	6								



E. Tugaas dan Pertanyaan

E.1 Rangkaian Pembagi Tegangan Tanpa Beban

1. Lihat tabel 2.1 untuk no 1. Jelaskan perbedaan antara hasil pengukuran dan perhitungan nilai nilai V_1 , V_2 , V_3 dan V_4 .
2. Lihat tabel 2.1 untuk no 2. Jelaskan perbedaan antara hasil pengukuran dan perhitungan nilai V .
3. Jelaskan dua cara perhitungan tegangan V_1 , V_2 dan seterusnya pada rangkaian pada gambar 2.1.
4. Berdasarkan referensi hasil pengukuran anda dalam tabel 2.3 caru perbandingan V_{BC}/V_{AB} dan R_{BC}/R_{AB} . Apakah perbandingan ini sama ? mengapa ?
5. Bandingkan nilai-nilai tahanan dan hasil pengukuran dan perhitungan pada tabel 2.3. jelaskan perbedaannya.
6. Apakah yang dimaksud dengan rangkaian pembagi tegangan tanpa beban?

E.2 Rangkaian Pembagi Tegangan Berbeban

1. Berdasarkan data tabel 2.4, mengapa arus beban berubah sesuai dengan perubahan tahanan R_L ?
2. Sesuai dengan tabel 2.4, apakah pengaruhnya terhadap arus bleeder sesuai dengan kenaikan arus beban? Jelaskan mengapa/
3. Apa pengaruhnya terhadap tegangan V_{AG} dan V_{BG} pada pembagi tegangan jika arus beban naik (tabel 2.4)? jelaskan mengapa.
4. Bandingkan nilai perhitungan pada tabel 2.4 dengan nilai pengukurannya. Jelaskan mengapa berbeda.



Percobaan 3

Transformasi hubungan $Y \leftrightarrow \Delta$

A. Tujuan Percobaan

Pada akhir percobaan ini, peserta diharapkan dapat :

1. Membuktikan kebenaran nilai transformasi $Y \leftrightarrow \Delta$
2. Menerangkan dan menyelesaikan bentuk rangkaian listrik dengan menggunakan transformasi $Y \leftrightarrow \Delta$.

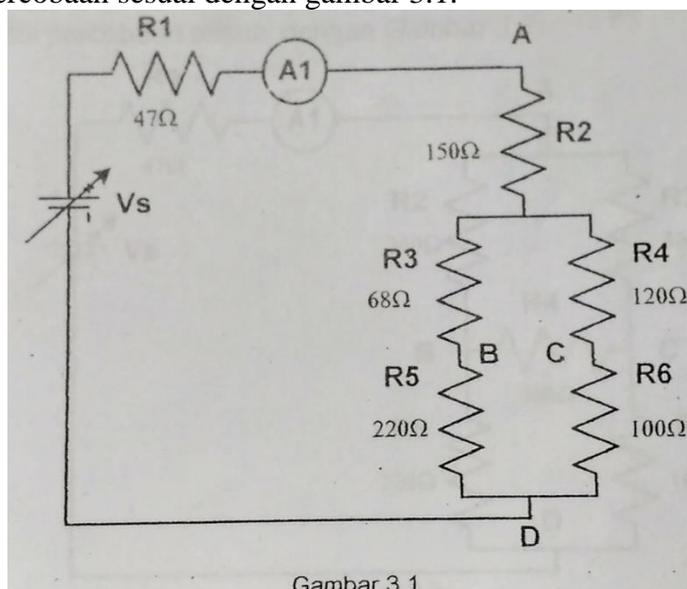
B. Alat dan Bahan Yang Digunakan

5. Sumber tegangan DC.
6. Alat ukur (AVO meter).
7. Panel percobaan.
8. Kabel penghubung.

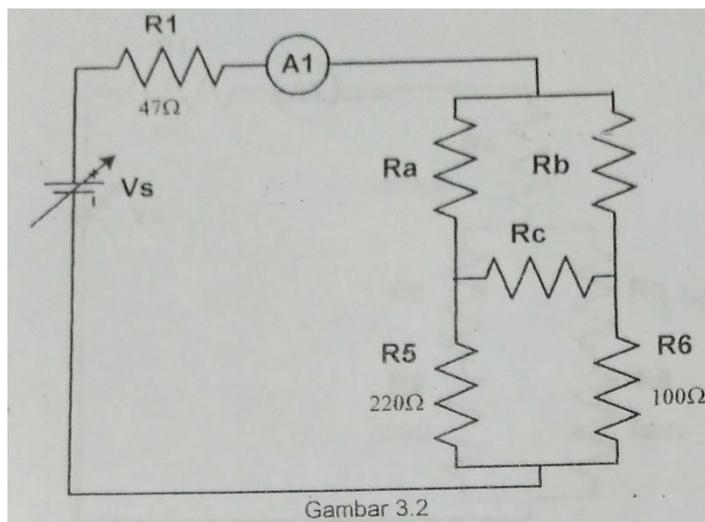
C. Langkah Percobaan

C.1 Transformasi $Y \leftrightarrow \Delta$

1. Siapkan panel percobaan sesuai dengan gambar 3.1.



2. Ukur arus yang melalui amperemeter dengan tegangan sumber yang berbeda-beda, hasilnya masukkan pada tabel 3.1.
3. Hitung tahanan total berdasarkan tegangan dan arusnya.
4. Hitung tahanan total rata-ratanya dengan 4 kali percobaan.
5. Transformasikan hubungan bintang (titik ABC) pada gambar di atas menjadi hubungan segitiga dengan nilai R_a , R_b dan R_c pada gambar 3.2 di bawah.

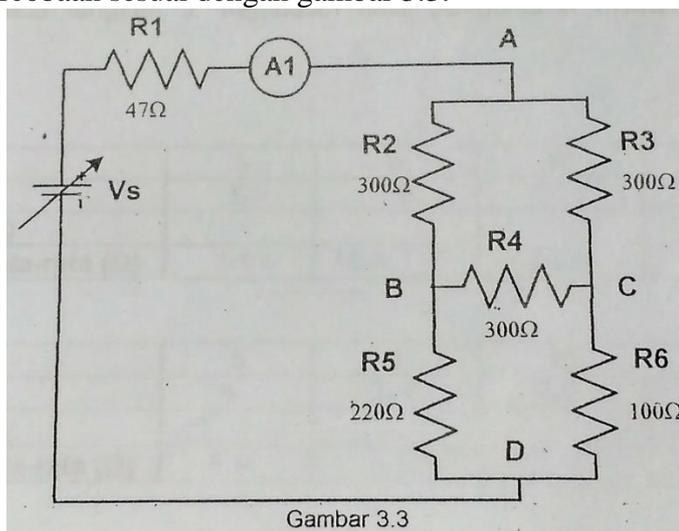


Gambar 3.2

6. Siapkan panel percobaan seperti pada gambar 3.2 di bawah ini, dengan Ra, Rb dan Rc hasil perhitungan pada langkah 5. Kemudian hasil pengukuran masukkan pada tabel 3.2

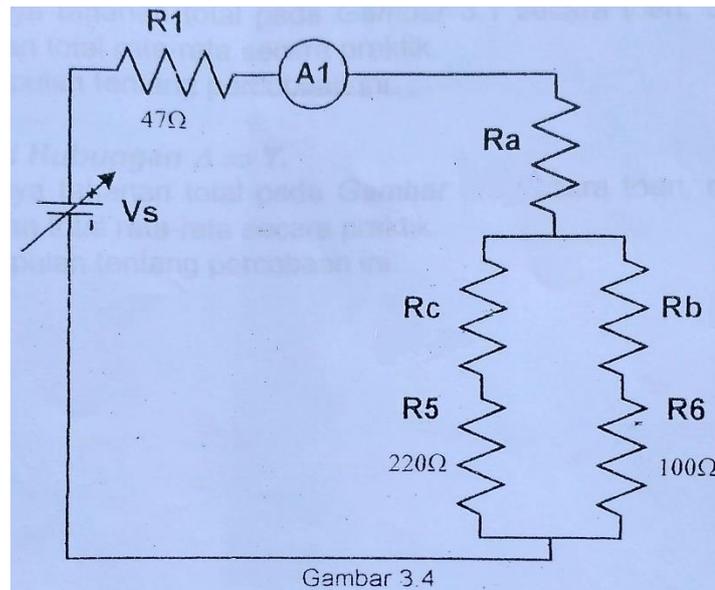
C.2 Transformasi $\Delta \leftrightarrow Y$

1. Siapkan panel percobaan sesuai dengan gambar 3.3.



Gambar 3.3

- Ukur arus yang melalui amperemeter dengan tegangan sumber yang berbeda-beda, hasilnya masukkan pada tabel 3.3.
- Hitung tahanan total berdasarkan tegangan dan arusnya.
- Hitung tahanan total rata-ratanya dengan 4 kali percobaan.
- Transformasikan hubungan segitiga (titik ABC) pada gambar 3.3 menjadi hubungan bintang dengan nilai Ra, Rb dan Rc pada gambar 3.4 di bawah. nilai Ra, Rb dan Rc harap dicatat sebagai laporan.
- Siapkan panel percobaan seperti pada gambar 3.4 di bawah ini, dengan Ra, Rb dan Rc hasil perhitungan pada langkah 5. Kemudian hasil pengukuran masukkan pada tabel 3.4



D. Data Percobaan

Tabel 3.1

Tegangan (V)				
Arus (mA)				
Tahanan Total (Ω)				
Tahanan Total Rata-rata (Ω)				

Tabel 3.2

Tegangan (V)				
Arus (mA)				
Tahanan Total (Ω)				
Tahanan Total Rata-rata (Ω)				

Tabel 3.3

Tegangan (V)				
Arus (mA)				
Tahanan Total (Ω)				
Tahanan Total Rata-rata (Ω)				

Tabel 3.4

Tegangan (V)				
Arus (mA)				
Tahanan Total (Ω)				
Tahanan Total Rata-rata (Ω)				

E. Tugas dan Pertanyaan

E.1 transformasi hubungan $Y \leftrightarrow \Delta$

1. Hitung besarnya tahanan total pada gambar 3.1 secara teori, dan bandingkan dengan tahanan total rata rata secara praktik.
2. Buatlah kesimpulan tentang percobaan ini.



E.2 transformasi hubungan $\Delta \leftrightarrow Y$

1. Hitung besarnya tahanan total pada gambar 3.3 secara teori, dan bandingkan dengan tahanan total rata rata secara praktik.
2. Buatlah kesimpulan tentang percobaan ini.



Percobaan 4 Terorama Superposisi

A. Tujuan Percobaan

Setelah melakukan percobaan ini, peserta diharapkan dapat :

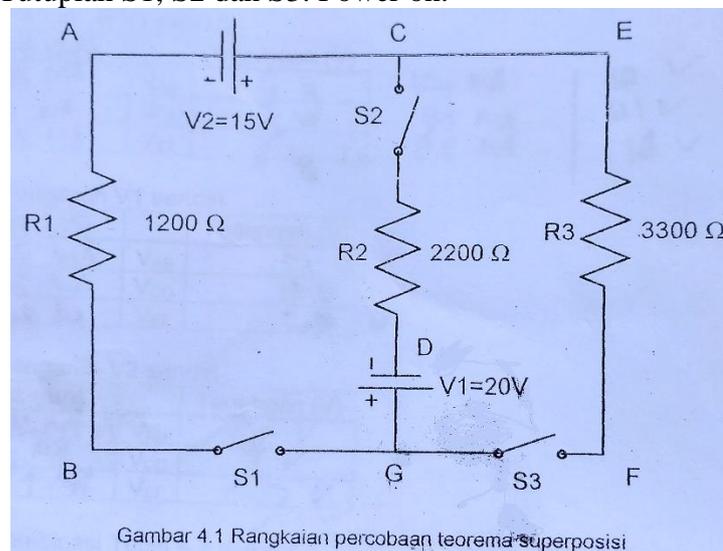
1. Menjelaskan pengertian rangkaian linier.
2. Membuktikan teorema superposisi dengan melakukan percobaan.

B. Alat dan Bahan Yang Digunakan

1. Alat ukur (AVO meter).
2. Panel percobaan.
3. Kabel penghubung.

C. Langkah Percobaan

1. Buatlah rangkaian seperti pada gambar 4.1, aturlah tegangan sumber V1 pada 20 V dan V2 pada 15 V. Tutuplah S1, S2 dan S3. Power on.



Gambar 4.1 Rangkaian percobaan teorema superposisi

2. Ukur dan catat pada tabel 4.1, tegangan pada R1, R2 dan R3 (masing-masing V_{AB} , V_{CD} , V_{EF}). Tunjukkan polaritasnya + atau -, sebagai contoh jika A 3V negatif relatif terhadap B, maka $V_{AB} = -3V$. Dst.
3. Ukur dan catat pada tabel 4.1, arus I1 pada R1, I2 pada R2, dan I3 pada R3. Caranya adalah dengan membuka saklar S1 dan memasang mili ampere meter pada terminal-terminal saklar tersebut.
Amperemeter yang diseri dengan S1 menunjukkan pengukuran I1. Setelah pengukuran I1 dilakukan, tutuplah S1 dan ukurlah I2 dengan membuka S2 dan proses selanjutnya seperti cara pengukuran I1 dan seterusnya. Beri tanda arah arus pada R1 dan seterusnya.
4. Lepaskan catu daya V2 dari rangkaian dan hubung singkat titik A dengan titik C. Dengan demikian, pengukuran yang akan dilakukan menunjukkan pengaruh pada rangkaian dari V1 yang bekerja sendiri.
5. Ulangi langkah 2 dan 3, catat hasil pengukuran anda pada tabel 4.2.
6. Lepaskan kembali hubung-singkat dari titik A dengan C dan hubungkan catu daya V2 seperti gambar 4.1.
7. Sekarang lepaskan catu daya V1 dari rangkaian dan gantilah dengan menghubungkan singkatkan titik D dengan G, dengan demikian, pengukuran yang akan dilakukan menunjukkan pengaruh pada rangkaian dari V2 yang akan bekerja sendiri.
8. Ulangi langkah 2 dan 3, catatlah hasil pengukuran anda pada tabel 4.3. power off

9. Jumlahkan secara aljabar I1 pada tabel 2 dengan I1 pada tabel 3 dan masukkan hasilnya pada tabel 4.4. dengan cara yang sama catatlah hasil penjumlahan masing-masing nilai I2, I3, V_{AB} , V_{CD} dan V_{EF} .

D. Data Percobaan

Tabel 4.1 pengaruh V1 dan V2

	Arus (mA)		Tegangan (V)
I1		V_{AB}	
I2		V_{CD}	
I3		V_{EF}	

Tabel 4.2 pengaruh V1 sendiri

	Arus (mA)		Tegangan (V)
I1		V_{AB}	
I2		V_{CD}	
I3		V_{EF}	

Tabel 4.3 pengaruh V2 sendiri

	Arus (mA)		Tegangan (V)
I1		V_{AB}	
I2		V_{CD}	
I3		V_{EF}	

Tabel 4.4 kombinasi tabel 4.2 dan tabel 4.3

	Arus (mA)		Tegangan (V)
I1		V_{AB}	
I2		V_{CD}	
I3		V_{EF}	

E. Tugas dan Pertanyaan

1. Bandingkan nilai-nilai arus dan tegangan pada tabel 4.1 dan tabel 4.4, bagaimana hasilnya ?
2. Apa tujuan dari langkah percobaan 9?
3. Dengan menggunakan teorema superposisi, hitunglah nilai arus pada R2 pada gambar
4. Bagaimana hasil perhitungan dalam pertanyaan 3? Bandingkan dengan hasil pengukuran tabel 4.1



Percobaan 5 Teorema Thevenin

A. Tujuan Percobaan

Setelah melakukan percobaan ini, praktikan diharapkan dapat:

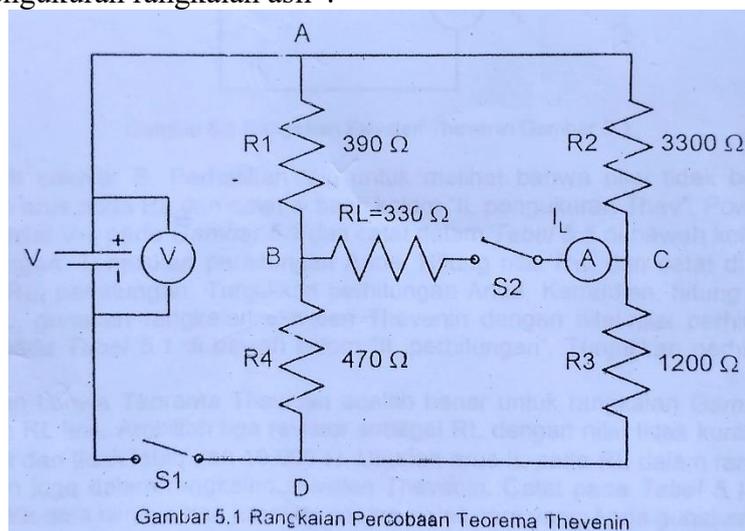
1. Menentukan nilai V_{TH} (tegangan thevenin) dan R_{TH} (tahanan thevenin) pada rangkaian DC yang mengandung satu sumber tegangan
2. Membuktikan teorema thevenin dalam penyelesaian rangkaian jembatan seimbang.

B. Alat dan Bahan yang Digunakan

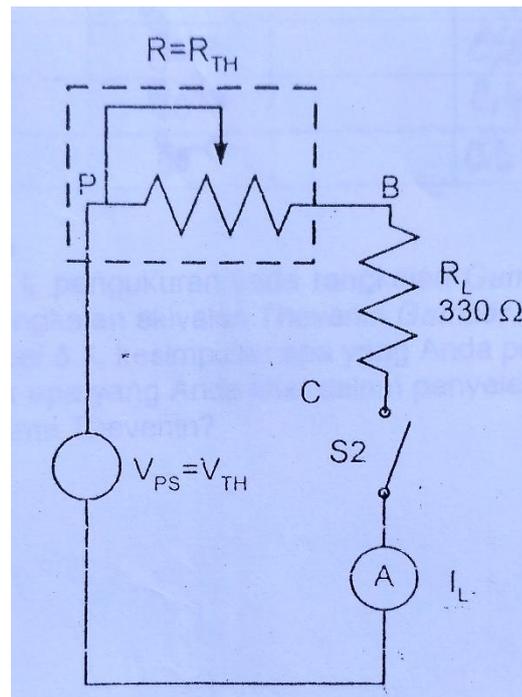
1. AVO meter
2. Panel percobaan
3. Kabel penghubung

C. Langkah Percobaan

1. Bualah rangkaian gambar 5.1. S1 dan S2 keduanya terbuka. A adalah mili ampere meter yang di set pada range 1 mA. Tutup S1. Atur V sehingga tegangan yang diukur dengan voltmeter 12 V. Tutup S2, ukurlah arus pada RL dan catat pada tabel 5.1 dibawah kolom :”IL pengukuran rangkaian asli”.



2. Bukalah S2, saklar S1 tetap tertutup. Dengan voltmeter ukurlah tegangan V_{BC} dan catat hasil pada tabel 5.1 dibawah :” V_{TH} pengukuran”.
3. Lepaskan pemasok tegangan V dari rangkaian, S2 masih terbuka. Hubungsingkatkan titik A dengan D.
Catatan: anggap bahwa tahanan dalam catu daya sangat rendah, dengan demikian dapat diabaikan S2 masih terbuka. Ukurlah tahanan antara titik B dan C dan catat dibawah:” R_{TH} pengukuran”.
4. Atur keluaran catu daya sama dengan V_{TH} pengukuran. Hubungkan potensiometer 10.000 Ω sebagai rheostat dan atur rheostat tersebut sehingga tahanan antara titik titik PB (gambar 5.2) sama dengan nilai R_{TH} pengukuran. Kemudian hubungkan RL1, resistor beban 330 Ω , diseri dengan mili ampere meter, M antara titik C dan B seperti pada gambar 5.2



Gambar 5.2

5. Tutuplah saklar S. Perhatikan V_{TH} untuk melihat bahwa nilai tidak berubah. Ukurlah arus pada R_L dan catat dikolom “ I_L pengukuran thev”. Power off.
6. Hitung nilai V_{TH} pada gambar 5.1 dan catat pada tabel 5.1 dibawah kolom V_{TH} perhitungan. Tunjukkan perhitungan anda. Hitung nilai R_{TH} dan catat dibawah kolom R_{TH} perhitungan. Tunjukkan perhitungan anda. Kemudian, hitung nilai I_L dan R_L gunakan rangkaian ekivalen thevenin dengan nilai-nilai perhitungan. Catat pada tabel 5.1 dibawah kolom “ I_L perhitungan”. Tunjukkan perhitugnan anda.
7. Buktikan bahwa teorema thevenin adalah benar pada rangkaian 5.1 dengan R_L lain. Ambillah 3 resistor sebagai R_L dengan nilai tidak kurang dari 1200Ω dan tidak lebih dari 10.000Ω . Ukurlah arus I_L pada R_L dalam rangkaian asli dan rangkaian ekivalen thevenin. Catat pada tabel 5.1. catat juga data data lainnya dan jelaskan secara detail cara yang anda gunakan.

D. Data Percobaan

Tabel 5.1

R_L	V_{TH} (V)		R_{TH} (Ω)		I_L (mA)		
	Pengukuran	perhitungan	Pengukuran	perhitungan	Pengukuran		
					thev	R asli	perhitungan
220							
2k2							
5k6							
8k2							

E. Tugas dan Pertanyaan

1. Bagaimanakah nilai I_L pengukuran pada rangkaian gambar 5.1 dibandingkan I_L pengukuran pada rangkaian ekivalen thevenin gambar 5.2 ? apakah sama ?
2. Dari data dalam tabel 5.1, kesimpulan apa yang anda peroleh ?
3. Keuntungan spesifik apa yang anda lihat dalam penyelesaian dengan menggunakan teorema thevenin?



Percobaan 6 Teorema Norton

A. Tujuan Percobaan

Setelah melakukan percobaan ini, praktikan diharapkan dapat:

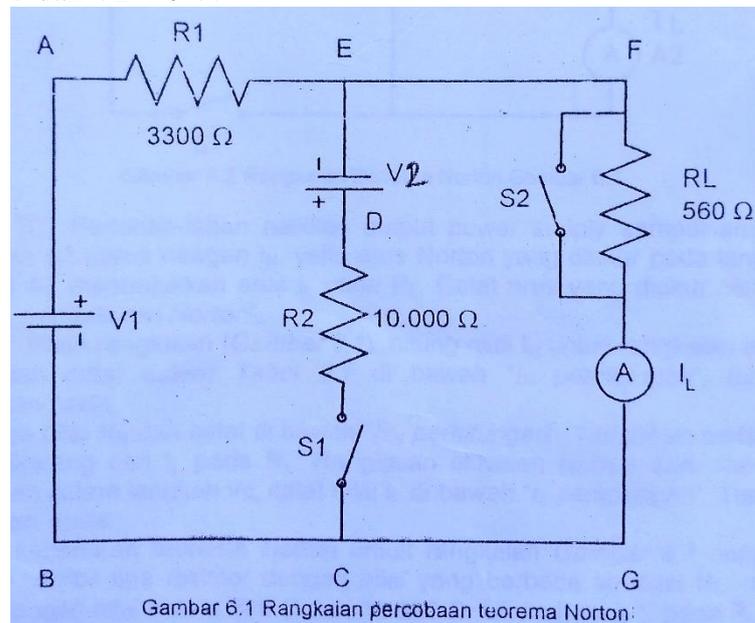
1. Menentukan arus Norton (I_N) dan tahanan norton (R_N) pada rangkaian DC yang mengandung satu atau dua sumber tegangan
2. Membuktikan teorema norton dalam penyelesaian jaringan kompleks yang mengandung dua sumber tegangan DC.

B. Alat dan Bahan yang Digunakan

1. Alat ukur (AVO meter)
2. Panel percobaan
3. Kabel penghubung

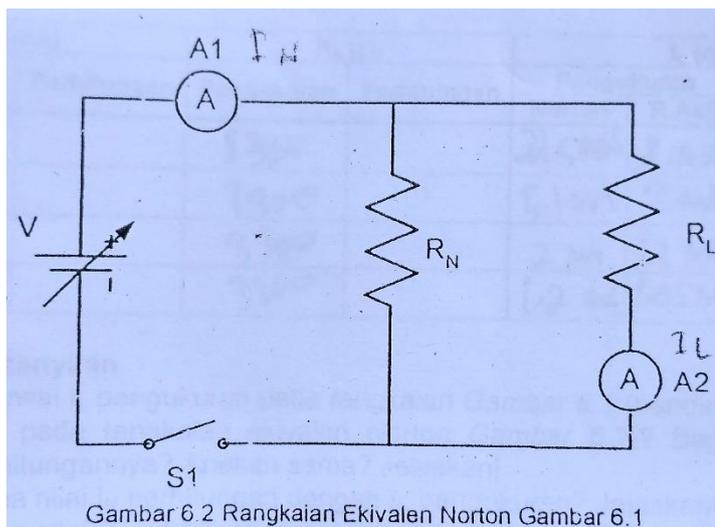
C. Langkah Percobaan

1. Buatlah hubungan rangkaian seperti gambar 6.1, S1 terbuka. Aturlah tegangan catu daya $V1 = 12\text{ V}$ dan $V2 = 6\text{ V}$.



2. S2 terbuka. Tutuplah S1. Jagalah V1 dan V2 tetap pada kedudukan 12 V dan 6 V. Dengan mili ampere meter A ukurlah arus I_L pada R_L . Catat dalam tabel 6.1, pada kolom I_L pengukuran rangkaian asli.
3. Tutuplah S2, hubungsingkatkan R_L . Ukurah arus I_L dan catat dibawah kolom yang berlabel I_N pengukuran.
4. Lepaskan pemasok tegangan V1 dan V2 dari rangkaian, juga pisahkan R_L dari rangkaian. Hubungsingkatkan D dengan F dan A dengan B. Catatan: dianggap bahwa tahanan dalam catu daya nol. S1 masih tertutup, S2 terbuka, ukurlah tahanan diantara titik F dan G dan catat dibawah R_N pengukuran. Ini adalah tahanan yang dihubungkan paralel dengan arus norton
5. Buatlah hubungan rangkaian seperti gambar 6.2, S1 terbuka. Catatan: R_N adalah potensiometer yang diatur pada kedudukan sama dengan R_N pengukuran pada langkah 5.





R_L adalah tahanan beban 560Ω . A_1 dan A_2 adalah mili ampere meter untuk mengukur arus norton dan arus beban.

Turunkan tegangan output sampai nol.

6. Tutuplah S_1 . Perlahan lahan naikan output power suply sampai arus yang di ukur oleh A_1 sama dengan I_N , yaitu arus norton yang diukur pada langkah 3. Sekarang A_2 menunjukkan arus I_L pada R_L . Catat arus yang di ukur oleh A_2 dibawah " I_L pengukuran norton"
7. Power off. Pada rangkaian (gambar 6.1), hitung nilai I_N untuk rangkaian ekuivalen norton dan catat dalam tabel 6.1 dibawah " I_N perhitungan", tunjukkan perhitungan anda.
Hitung juga nilai R_N dan catat dibawah " R_N perhitungan", tunjukkan perhitungan anda. Sekarang cari I_L pada R_L . Rangkaian ekuivalen norton dan nilai nilai I_L perhitungan dalam lankah ini, catat nilai I_L dibawah " I_L perhitungan". Tunjukkan perhitungan anda.
8. Buktikan kebenaran teorema norton untuk rangkaian gambar 6.1 dengan R_L yang lain. Ambil tiga resistor dengan nilai yang berbeda sebagai R_L , masing masing dengan nilai antara 560Ω dan 11.800Ω . Ukurlah arus I_L pada R_L dalam rangkaian gambar 6.1 dan juga pada rangkaian ekuivalen norton gambar 6.2. catat dalam tabel 6.1 dibawah " I_L pengukuran norton", buka S_1 , power off.

D. Data Percobaan

Tabel 6.1

R_L	V_{TH} (V)		R_{TH} (Ω)		I_L (mA)	
	Pengukuran	perhitungan	Pengukuran	perhitungan	Pengukuran	
					thev	R asli
220						
2k2						
5k6						
8k2						

E. Soal dan Pertanyaan

1. Bagaimana nilai I_L pengukuran pada rangkaian gambar 6.1 (bandingkan dengan pengukuran pada rangkaian ekuivalen norton gambar 6.2) ? bagaimana pula dengan perhitungannya ? apakah sama ? jelaskan !
2. Apakah sama nilai I_N perhitungan dengan I_N pengukuran? Jelaskan!
3. Apakah sama nilai R_N perhitungan dengan R_N pengukuran ? jelaskan!
4. Kesimpulan apa yang anda peroleh dari hasil pengamatan data dalam tabel 6.1 ?



Praktikum Rangkaian Listrik

PERCOBAAN RC & RL

I. PERALATAN

- Kit Praktikum Rangkaian RC & RL
- Generator Sinyal
- Osiloskop
- Multimeter
- Kabel Penghubung

II. TUJUAN

- Mempelajari pengertian impedansi; mempelajari hubungan antara impedansi, resistansi dan reaktansi pada rangkaian seri RC dan RL
- Mempelajari hubungan antara tegangan dengan arus di rangkaian seri RC dan RL; melihat perbedaan antara fasa tegangan dengan fasa arus pada rangkaian seri RC dan RL
- Mempelajari respon (response) rangkaian seri RC dan RL terhadap frekuensi

III. PENDAHULUAN

Dalam arus bolak-balik gelombang sinus, impedansi didefinisikan sebagai perbandingan antara fasor tegangan terhadap fasor arus. Dari hubungan tegangan dengan arus, terlihat pada komponen:

R: Fasa tegangan adalah sefasa dengan fasa arus

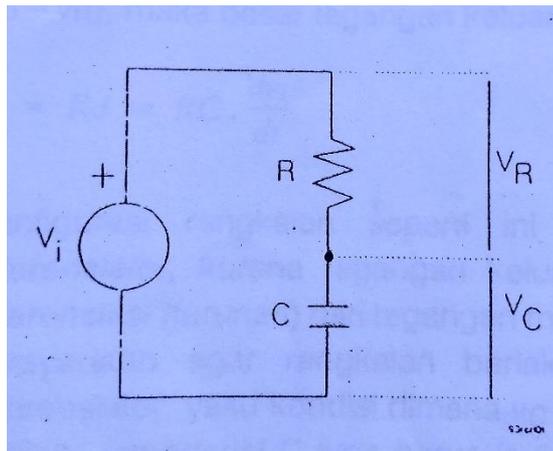
L: Fasa tegangan mendahului 90° terhadap fasa arus

C: Fasa tegangan tertunda (tertinggal, delay) 90° terhadap fasa arus

Perbandingan tegangan terhadap arus pada R disebut resistansi, sedangkan pada L dan C disebut reaktansi. Bila digambar, resistansi ternyata tidak “sebidang” dengan reaktansi; perbedaan ini akan diungkapkan dengan sebuah operator j yang besarnya = $\sqrt{-1}$, untuk menunjukkan perputaran sudut. Perputaran sudut terhadap besaran semula sebesar 90° searah dengan perputaran jarum jam dinyatakan dengan $-j$, dan berlawanan arah $+j$.



III.1. RANGKAIAN RC



Gambar 1. Rangkaian RC

Persamaan rangkaian menurut hukum Kirchof II (KVL) adalah $v_i = v_R + v_C$ atau dengan persamaan:

$$v_i = Ri + \frac{1}{C} \int i dt \dots\dots\dots[1]$$

- a. Membandingkan fasa tegangan di tiap elemen terhadap arus i yang mengalir di rangkaian, didapat: v_R (tegangan di R) sefasa dengan i , v_C (tegangan di kapasitor) tertinggal 90° dengan i , sedang v_i (tegangan sumber) tertinggal sebesar θ dari arus i yang keluar dari sumber, dimana $0^\circ < \theta < 90^\circ$

Besar sudut θ ditentukan oleh perbandingan reaktansi terhadap resistansinya. Beda fasa antara v_C dengan arus i , dapat dihitung dengan membandingkan beda fasa antara v_C dan v_R atau antara v_i dan v_R (mengapa?)

- b. Rangkaian diferensiator. Perhatikan kondisi dimana $v_C \gg v_R$. Persamaan $v_i = Ri + \frac{1}{C} \int i dt$ atau $v_i = v_R + v_C$ praktis hanya ditentukan oleh tegangan kapasitor, $i \approx v_C$. Besar arus i ,

$$v_i \approx \frac{1}{C} \int i dt \text{ atau } dv_i \approx \frac{i}{C} dt \rightarrow i = C \frac{dv_i}{dt}$$

Jika tegangan keluaran diambil dari terminal resistor R ($v_o = v_R$), maka besar tegangan keluaran adalah

$$v_o = R \cdot i = RC \cdot \frac{dv_i}{dt}$$

Konfigurasi rangkaian seperti ini disebut rangkaian diferensiator, karena tegangan keluaran v_o merupakan diferensiasi (turunan) dari tegangan masukan v_i . Semacam persyaratan agar rangkaian berlaku sebagai sebuah diferensiator, yaitu kondisi

dimana $v_C \gg v_R$ adalah impedansi C juga harus lebih besar dari R. Analisis menunjukkan impedansi C, akan besar pada

$$\frac{1}{j\omega C} \bar{I} \gg R \bar{I} \rightarrow \left| \frac{1}{j\omega C} \right| \gg R$$

atau, $\omega RC \ll 1$. Bila didefinisikan frekuensi $\omega_o = \frac{1}{RC}$ (atau $f_o = \frac{1}{2\pi RC}$), maka impedansi C besar akan terjadi pada frekuensi dengan rentang lebih kecil/rendah dari ω_o ; ketidaksamaan $\omega RC \ll 1$ memperlihatkan hal ini,

$$\frac{\omega}{\omega_o} \ll 1 \rightarrow \omega \ll \omega_o \dots \dots \dots [2]$$

- c. Rangkaian filter lolos frekuensi tinggi. Dari persamaan $\bar{V}_i = \bar{V}_R + \bar{V}_C$, besar perbandingan sinyal keluaran terhadap sinyal masukan dapat dihitung,

$$\frac{\bar{V}_o}{\bar{V}_i} = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{j\omega RC}} = \frac{1}{1 - j\frac{\omega_o}{\omega}} \dots \dots \dots [3]$$

Pada kondisi frekuensi dengan rentang lebih tinggi dari ω_o , $\omega \gg \omega_o$ diperoleh $\frac{\bar{V}_o}{\bar{V}_i} \approx 1$. Frekuensi ω_o disebut sebagai frekuensi cut-off, yaitu batas frekuensi dimana rangkaian dianggap sudah tidak mampu menerima / meneruskan sinyal (meredam). Pada frekuensi $\omega =$ frekuensi cut-off, amplitudo tegangan keluaran adalah 0.707 dari tegangan masukan.

$$\left| \frac{v_o}{v_i} \right| = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$$

Dari $\left| \frac{v_o}{v_i} \right| = 0.707$ dapat diturunkan besar daya yang didisipasikan di R adalah:

$$PR = \frac{v_o^2}{R} = \frac{(v_i/\sqrt{2})^2}{R} = \frac{v_i^2}{2R} = \frac{1}{2} Pmax \dots \dots \dots [4]$$

Pmax adalah daya disipasi terbesar di R yang terjadi pada saat frekuensi tinggi, $\omega \gg \omega_o$ ($V_o \approx V_i$). Dengan perkataan lain, rangkaian hanya meneruskan sinyal pada frekuensi kerja yang lebih tinggi dari $1/RC, \omega \gg \omega_o$. Jadi rangkaian selain berfungsi sebagai differensiator juga merupakan suatu high pass filter (HPF) atau rangkaian filter lolos frekuensi tinggi sederhana.

- d. Dari persamaan $v_i = R \cdot i + \frac{1}{C} \int idt$ atau $v_i = v_R + v_C$, bila keluaran diambil dari kapasitor, $v_C = v_o$: untuk $v_R \gg v_C$, maka $V_i \approx V_R \rightarrow V_i \approx R \cdot i$ atau $i \approx \frac{V_i}{R}$.



Diperoleh hubungan $v_o = v_c$ terhadap masukan v_i sebagai berikut

$$v_o = \frac{1}{C} \int i dt = \frac{1}{RC} \int v_i dt$$

Rangkaian dengan persyaratan ini dikenal sebagai rangkaian integrator. Dalam bentuk fasor, hubungan diatas dapat dituliskan sebagai berikut:

$$V_R \gg V_C \text{ atau } \overline{V}_R \gg \overline{V}_C \text{ atau } \overline{R} \cdot \overline{I} \gg \frac{1}{j\omega C} \overline{I}$$

$$R \gg \left| \frac{1}{\omega C} \right| \text{ atau } \omega RC \gg 1; \text{ bila } \omega_o = \frac{1}{RC} \text{ atau } f_o = \frac{1}{2\pi RC} \text{ maka } \frac{\omega}{\omega_o} \gg 1 \rightarrow \omega \gg \omega_o$$

- e. Dari persamaan $\overline{V}_i = \overline{V}_R + \overline{V}_C$, bila terjadi kondisi dimana $\overline{V}_o = \overline{V}_C$ dapat dituliskan persamaan:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{1 + j\omega CR} = \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_o}}$$

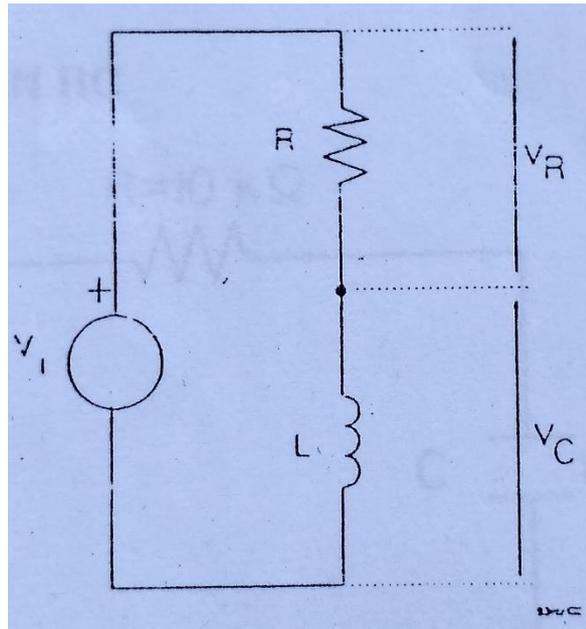
Untuk $\ll \omega_o$, akan diperoleh $\frac{V_o}{V_i} \approx 1$. Dengan persyaratan ini, rangkaian membentuk sebuah rangkaian Low Pass Filter (LPF – Filter lolos frekuensi rendah).

III.2. RANGKAIAN RL

Analisa pada rangkaian RL (lihat gambar pada halaman berikut) dapat dilakukan dengan cara yang sama seperti pada rangkaian RC. Menurut hukum Kirchoff II (KVL),

$$V_i = R \cdot i + L \frac{di}{dt} \dots\dots\dots[5]$$

- a. $V_i = V_R + V_L$; V_R sefasa dengan i , V_L mendahului 90° terhadap i , dan V_i mendahului 90° terhadap i (dimana $0^\circ < \theta < 90^\circ$)
 Seperti halnya pada rangkaian RC, sudut θ ditentukan oleh perbandingan reaktansi dan resistansinya. Beda fasa antara V_L dan i atau antara V_i dan i , dapat dilihat dengan membandingkan beda fasa antara V_L dan V_R , atau antara V_i dan V_R (mengapa?)



Gambar 2. Rangkaian RL

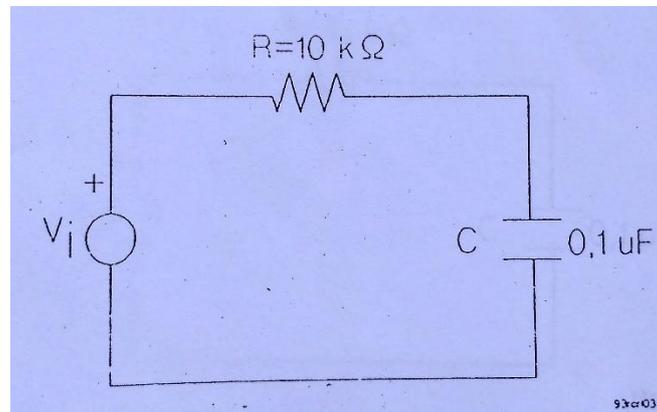
- b. Dari persamaan $V_i = R \cdot i + L \frac{di}{dt}$, atau $V_i = V_R + V_L$; dengan cara yang sama seperti pada rangkaian RC, dapat diturunkan persyaratan yang harus dipenuhi agar rangkaian RL berfungsi sebagai *differensiator*, *integrator*, filter lolos frekuensi tinggi (*high pass filter*), ataupun filter lolos frekuensi rendah (*low pass filter*).

IV. TUGAS PENDAHULUAN

1. Turunkanlah persyaratan yang harus dipenuhi oleh rangkaian RL agar berfungsi sebagai differensiator, integrator, filter lolos frekuensi tinggi (*high pass filter*), filter lolos frekuensi rendah (*low pass filter*).
2. Dengan harga $R = 10k\Omega$; $100k\Omega$; dan $1M\Omega$, hitunglah harga C dan L dari rangkaian RC dan RL untuk menjadi: differensiator, integrator, filter lolos frekuensi tinggi (*high pass filter*), filter lolos frekuensi rendah (*low pass filter*). Isikanlah syarat ini pada Tabel 1 dalam lembar kerja saudara.

V. PERCOBAAN

V.1. RANGKAIAN RC



Gambar 3. Percobaan Rangkaian RC

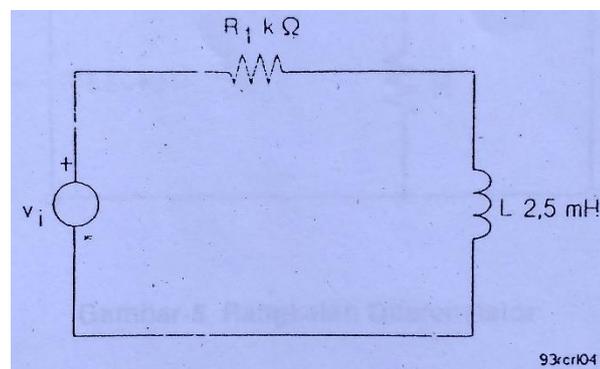
$V_i = 2 \text{ Vpp}$, $f = 15 \text{ KHz}$, berbentuk gelombang sinus

$R = 10 \text{ k}\Omega$

$C = 0,1 \mu\text{F}$

- Buatlah rangkaian dengan harga-harga besaran seperti pada gambar diatas, yaitu dengan menghubungkan R2 dan C2 pada kit praktikum
- Hitunglah V_R dan V_C dengan harga besaran yang telah diketahui
- Ukurlah V_R dan V_C dengan multimeter
- Amati V_i , V_R dan V_C dengan osiloskop
- Carilah beda fasa antara V_i dan V_R , juga antara V_C dan V_R dengan bantuan osiloskop
- Catatlah hasil perhitungan, pengukuran dan pengamatan saudara ke dalam Tabel 2. pada Lembar Kerja.
- Coba untuk kombinasi R & C yang lain

V.2. RANGKAIAN RL



Gambar 4. Percobaan Rangkaian RL

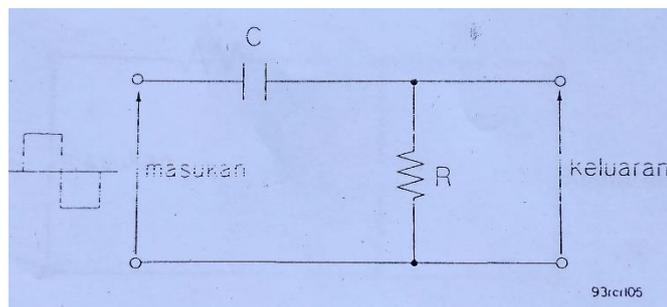
$V_i = 2 \text{ Vpp}$, $f = 60 \text{ KHz}$, berbentuk gelombang sinus

$R = 1 \text{ k}\Omega$, $L = 2,5 \text{ mH}$



- Buatlah rangkaian dengan harga-harga besaran seperti pada gambar diatas dengan menghubungkan R1 dan L1 pada kit praktikum
- Hitunglah V_R dan V_L dengan harga besaran yang telah diketahui
- Ukurlah V_R dan V_L dengan multimeter
- Amatilah V_i , V_R dan V_L dengan osiloskop
- Carilah beda fasa antara V_i , V_R dan V_L dengan osiloskop
- Catatlah hasil perhitungan, pengukuran dan pengamatan saudara ke dalam Tabel 3. Lembar Kerja
- Cobalah untuk harga R yang lain

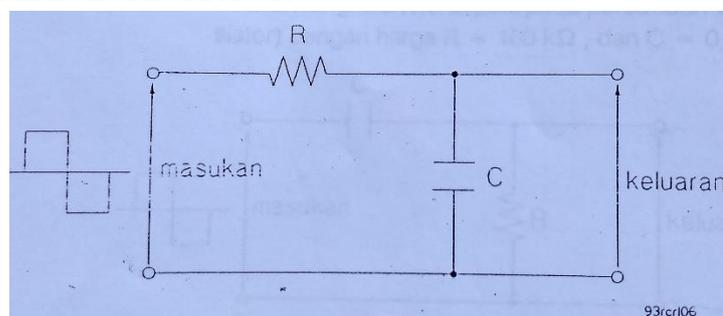
V.3. RANGKAIAN DIFFERENSIATOR



Gambar 5. Rangkaian Differentiator

- Dari kit praktikum, buatlah rangkaian seperti pada gambar 5
- Aturlah input dari generator sinyal dengan bentuk gelombang segi empat sebesar 2 Vpp (*Volt peak to peak*) pada frekuensi 500 Hz dengan bantuan osiloskop
- Hitunglah konstanta waktu RC dengan harga-harga C dan R yang tersedia (lihat Tabel 4.)
- Gambarlah bentuk gelombang keluaran (ideal) dengan input bentuk gelombang segi empat
- Ukurlah bentuk gelombang keluaran yang terjadi dengan osiloskop
- Catatlah hasil perhitungan dan pengukuran, serta gambarlah hasil pengamatan saudara pada Tabel 4. dalam Lembar Kerja
- Ulangi untuk beberapa harga C dan R seperti yang tercantum pada Tabel 4.

V.4. RANGKAIAN INTEGRATOR



Gambar 6. Rangkaian Integrator

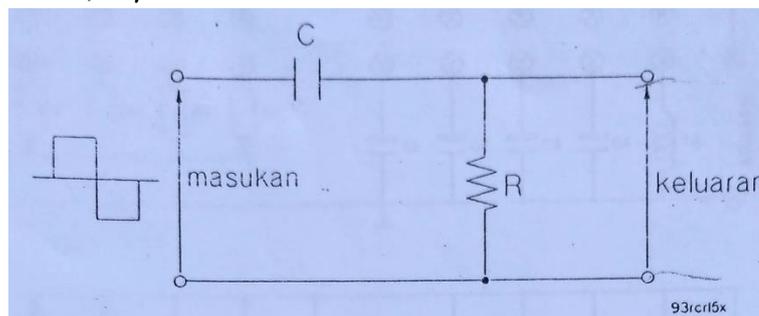
- Dari kit praktikum, buatlah rangkaian seperti pada gambar 6
- Aturlah input dengan bentuk gelombang segi empat sebesar 2 Vpp (*Volt peak to peak*) pada frekuensi 500 Hz dengan bantuan osiloskop



- c. Hitunglah konstanta waktu RC dengan harga-harga C dan R yang tersedia (lihat Tabel 5.)
- d. Gambarlah bentuk gelombang keluaran (ideal) dengan input gelombang segi empat
- e. Ukurlah bentuk gelombang keluaran yang terjadi dengan osiloskop
- f. Catatlah hasil perhitungan dan pengukuran, serta gambarlah hasil pengamatan saudara pada Tabel 5. dalam Lembar Kerja
- g. Ulangi untuk beberapa harga R dan C seperti yang tercantum pada Tabel 5.

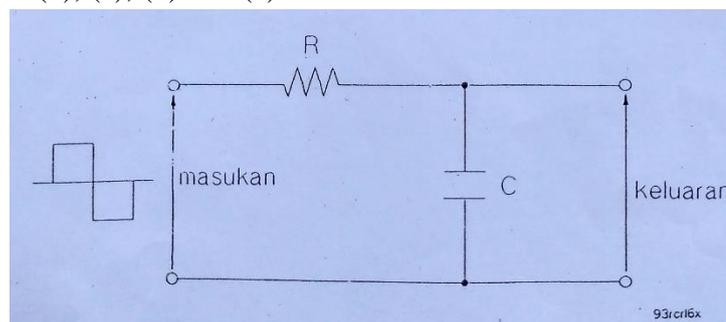
V.5. PENGARUH FREKUENSI

- a. Buatlah rangkaian RC seperti pada percobaan V.3. (differensiator) dengan harga $R = 100 \text{ k}\Omega$, dan $C = 0,01 \mu\text{F}$

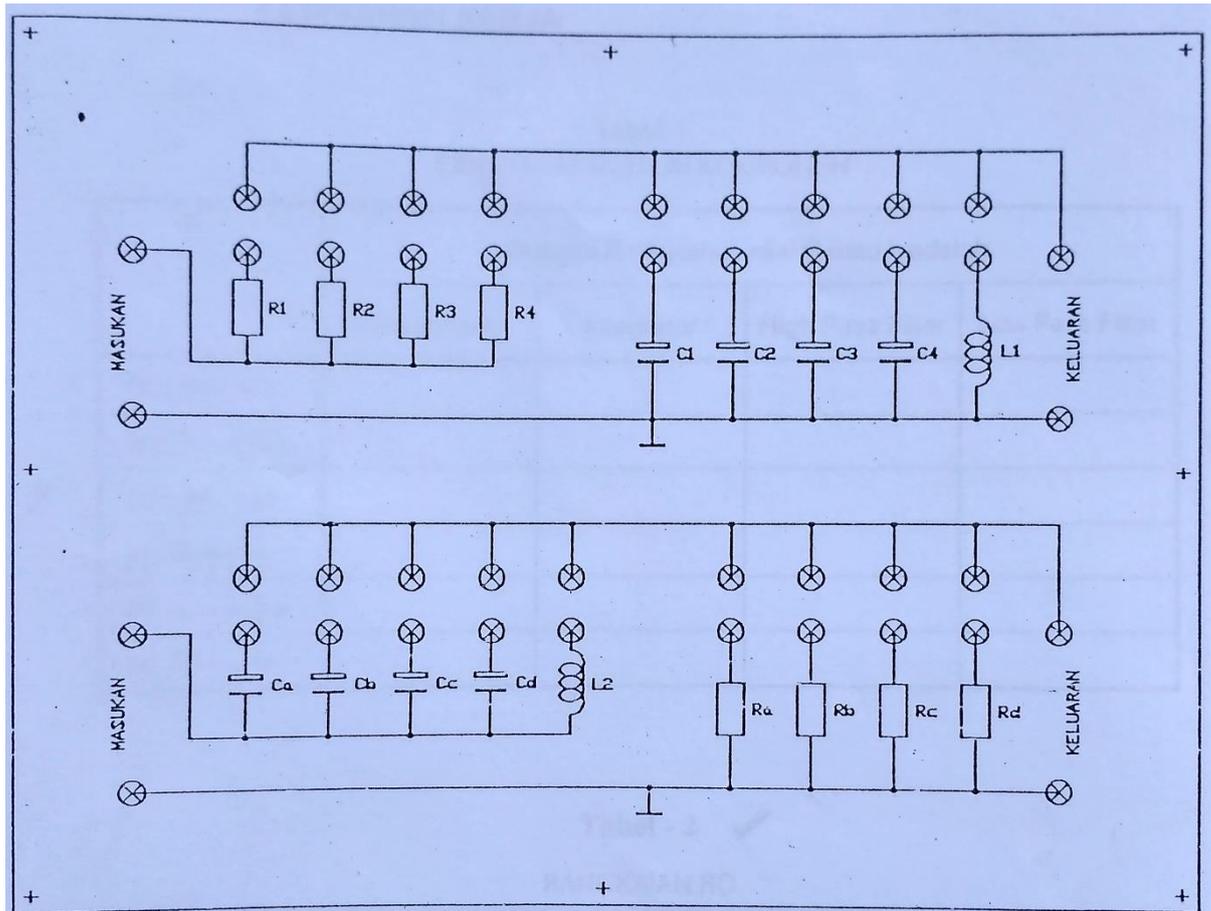


Gambar 7.

- b. Hitunglah konstanta waktunya = RC
- c. Sinyal masukan persegi, 50 Hz, 2 Vpp (puncak-ke-puncak) dengan bantuan osiloskop
- d. Ukur dan gambar bentuk gelombang keluaran untuk frekuensi 50 Hz, 500 Hz dan 50 KHz
- e. Catatlah hasilnya pada Tabel 6. dalam lembaran kerja
- f. Kemudian buatlah rangkaian RC (integrator) seperti pada percobaan V.4. dengan $R = 100 \text{ k}\Omega$, dan $C = 0,01 \mu\text{F}$
- g. Ulangi langkah (b), (c), (d) dan (e)



Gambar 8.



PERCOBAAN RANGKAIAN RC & RL



LEMBARAN KERJA

Tabel 1.
PERSYARATAN NILAI KOMPONEN

	Dengan R diketahui, nilai C atau L adalah			
	Diferensiator	Integrator	High Pass Filter	Low Pass Filter
RC : R = 10 k				
RC : R = 100 k				
RC : R = 1 M				
RL : R = 10 k				
RL : R = 100 k				
RL : R = 1 M				

Tabel 2.
RANGKAIAN RC

Perhitungan			Pengukuran dengan multimer (volt rms)			Pengamatan dengan osiloskop (volt pp)		
V_i	V_R	V_C	V_i	V_R	V_C	V_i	V_R	V_C

Beda fasa antara V_i dan V_R : $\theta = \dots\dots\dots$

V_i (mendahului / ketinggalan) terhadap V_R (coret yang salah)

Beda fasa antara V_C dan V_R : $\theta = \dots\dots\dots$



LEMBARAN KERJA

Tabel 3.
RANGKAIAN RL

Perhitungan			Pengukuran dengan multimer (volt rms)			Pengamatan dengan osiloskop (volt pp)		
V_i	V_R	V_L	V_i	V_R	V_L	V_i	V_R	V_L

Beda fasa antara V_i dan V_R : $\theta = \dots\dots\dots$

V_i (mendahului / ketinggalan) terhadap V_R (coret yang salah)

Beda fasa antara V_L dan V_R : $\theta = \dots\dots\dots$

Tabel 4.
RANGKAIAN DIFERENSIATOR

Nilai R & C	RC = (konstanta waktu)	$2\pi RC/T$	Bentuk gelombang keluaran	
			Ideal	Pengamatan
R = 10 k Ω C = 0,1 μ F				
R = 10 k Ω C = 0,01 μ F				
R = 100 k Ω C = 0,01 μ F				
R = 100 k Ω C = 0,001 μ F				
R = 10 M Ω C = 0,01 μ F				



LEMBARAN KERJA

Tabel 5.
RANGKAIAN INTEGRATOR

Nilai R & C	RC = (konstanta waktu)	$2\pi RC/T$	Bentuk gelombang keluaran	
			Ideal	Pengamatan
R = 10 k Ω C = 0,1 μ F				
R = 10 k Ω C = 0,01 μ F				
R = 100 k Ω C = 0,01 μ F				
R = 100 k Ω C = 0,001 μ F				
R = 10 M Ω C = 0,01 μ F				

Tabel 5.
PENGARUH FREKUENSI

Frekuensi	$2\pi RC/T =$		Bentuk dan besar tegangan keluaran	
	Rangkaian percobaan V.5 (a)	Rangkaian percobaan V.5 (f)	V _R percobaan V.5 (a)	V _C percobaan V.5 (f)
50 Hz				
500 Hz				
5 KHz				
50 KHz				



LEMBARAN KERJA

VI. TUGAS & PERTANYAAN

1. Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil Tabel 2. diatas adalah :

.....

.....

.....

.....

.....

2. Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil Tabel 3. diatas adalah :

.....

.....

.....

.....

.....

3. Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil Tabel 4 dan Tabel 5. diatas adalah :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



4. Kesimpulan dari Tabel 6. adalah :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

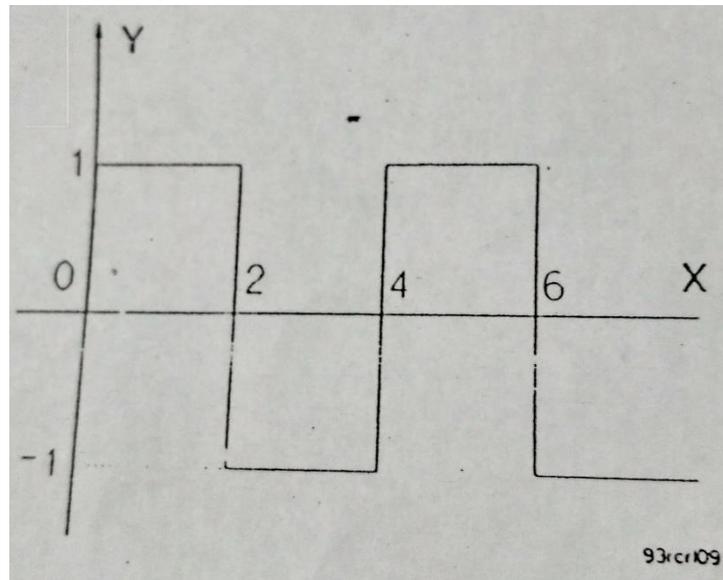
Lingkarilah pernyataan yang saudara anggap tepat.

5. Pada rangkaian seri RL selalu akan berlaku fasa dari :
 - a. V_L mendahului V_R sebesar 90°
 - b. V_L mendahului V_R sebesar $< 90^\circ$
 - c. V_L sefasa dengan V_R
 - d. V_L ketinggalan V_R sebesar 90°
6. Pada rangkaian seri RL selalu berlaku bahwa fasa dari :
 - a. V_L mendahului i_R sebesar 90°
 - b. V_L mendahului i_R sebesar $< 90^\circ$
 - c. V_L sefasa dengan i_R
 - d. V_L sefasa dengan i_R
7. Pada rangkaian seri RC selalu akan berlaku bahwa fasa dari :
 - a. V_C mendahului i_C
 - b. V_C mendahului V_R
 - c. V_R sefasa dengan i_C
 - d. V_R sefasa dengan V_C
8. Pada rangkaian seri RC selalu akan berlaku bahwa fasa dari :
 - a. i_C mendahului V_R
 - b. i_C sefasa dengan i_R
 - c. i_R mendahului V_R
 - d. i_R sefasa dengan V_C



Untuk soal 9 dan 10 berikut :

Gambar berikut terlihat pada osiloskop dan mempunyai skala $Y = 200 \text{ mV/divisi}$, dan skala *time base* $X = 10 \text{ detik/divisi}$.



Gambar 9.

9. Frekuensi gelombang diatas adalah :
- 4 Hz
 - 0,05 Hz
 - 0,025 Hz
 - $\frac{1}{60}$ Hz
10. Harga tegangan efektif gelombang tersebut adalah :
- 1 mV
 - 200 mV
 - 400 mV
 - $\frac{200}{\sqrt{2}}$ mV
11. Untuk rangkaian seri RC, frekuensi *cut off* terjadi apabila :
- $\left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \sqrt{2}$
 - V_o jauh lebih kecil dari V_i
 - $\omega = RC$
 - $\omega = \frac{1}{RC}$



12. Rangkaian seri RC dapat berfungsi sebagai integrator bila dipenuhi persyaratan sebagai berikut :
- $V_O = V_C$ dengan R jauh lebih besar dari $\frac{1}{\omega C}$
 - $V_O = V_R$ dengan R jauh lebih besar dari $\frac{1}{\omega C}$
 - $V_O = V_C$ dengan R jauh lebih besar dari ωC
 - $V_O = V_R$ dengan R jauh lebih besar dari ωC
13. Rangkaian seri RC dapat berfungsi sebagai diferensiator bila dipenuhi persyaratan sebagai berikut :
- $V_O = V_C$ dengan R jauh lebih besar dari $\frac{1}{\omega C}$
 - $V_O = V_C$ dengan R jauh lebih besar dari $\frac{1}{\omega C}$
 - $V_O = V_C$ dengan R jauh lebih besar dari ωC
 - $V_O = V_R$ dengan R jauh lebih besar dari ωC
14. Rangkaian seri RL dapat berfungsi sebagai integrator bila dipenuhi persyaratan sebagai berikut :
- $V_O = V_R$ dengan ω jauh lebih besar dari ω_o
 - $V_O = V_L$ dengan ω jauh lebih besar dari ω_o
 - $V_O = V_R$ dengan ω jauh lebih kecil dari ω_o
 - $V_O = V_L$ dengan ω jauh lebih kecil dari ω_o
15. Pada frekuensi $\omega = \frac{1}{RC}$ beda fasa V_i dengan V_o adalah :
- 0°
 - 45°
 - 90°
 - 180°

