

## MODUL I KONSEP DASAR TRANSISTOR

### 1.1. HASIL PEMBELAJARAN

Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan karakteristik serta fungsi dari rangkaian dasar transistor.

### 1.2. TUJUAN

Bagian ini memberikan informasi mengenai penerapan transistor dalam rangkaian elektronika.

### 1.3. DASAR TEORI

Transistor adalah komponen semikonduktor yang dipakai sebagai penguat, pemotong (*switching*), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau fungsi lainnya. Transistor dapat berfungsi semacam kran listrik, dimana berdasarkan arus *input*-nya a(BJT) atau tegangan *input*-nya (*FET*), memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sirkuit sumber listriknya.

#### 1. *BJT (Bipolar Junction Transistor)*

Transistor jenis ini merupakan komponen yang mempunyai 2 dioda, terminal positif atau negatifnya berdempet sehingga ada 3 terminal. Ketiga terminal tersebut adalah *Emitter (E)*, *Collector (C)* dan *Base (B)*.

Perubahan arus listrik dalam jumlah kecil pada terminal basis dapat menghasilkan perubahan arus listrik dalam jumlah besar pada terminal kolektor. Prinsip inilah yang mendasari penggunaan transistor sebagai penguat elektronik.

#### 2. *FET (Field Effect Transistor)*

Transistor jenis ini terbagi menjadi 2 macam, yaitu *Junction FET (JFET)* dan *Insulated Gate FET (IGFET) / Metal Oxide Silicon FET (MOSFET)*. Berbeda dengan *IGFET*, terminal *Gate* dalam *JFET* membentuk sebuah dioda dengan kanal materi semikonduktor antara *Source* dan *Drain*. Dari sisi fungsi, hal ini membuat *N-channel JFET* menjadi sebuah versi *solid-state* dari tabung vakum, yang juga membentuk sebuah dioda antara *grid* dan katoda.

Dalam rangkaian *analog* transistor digunakan dalam *amplifier* atau penguat. Contohnya seperti penguat sinyal radio, pengeras suara dan sumber listrik stabil. Dalam rangkaian *digital* transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi, yang beberapa fungsinya adalah sebagai memori, *logic gate* dan komponen-komponen lainnya.

Salah satu fungsi transistor adalah sebagai saklar yaitu bila berada pada dua daerah kerjanya yaitu daerah jenuh (saturasi) dan daerah mati (*cut-off*). Transistor akan mengalami perubahan kondisi dari menyumbat ke jenuh atau sebaliknya. Transistor dalam keadaan menyumbat dapat dianalogikan sebagai saklar dalam keadaan terbuka, sedangkan dalam keadaan jenuh seperti saklar yang menutup.

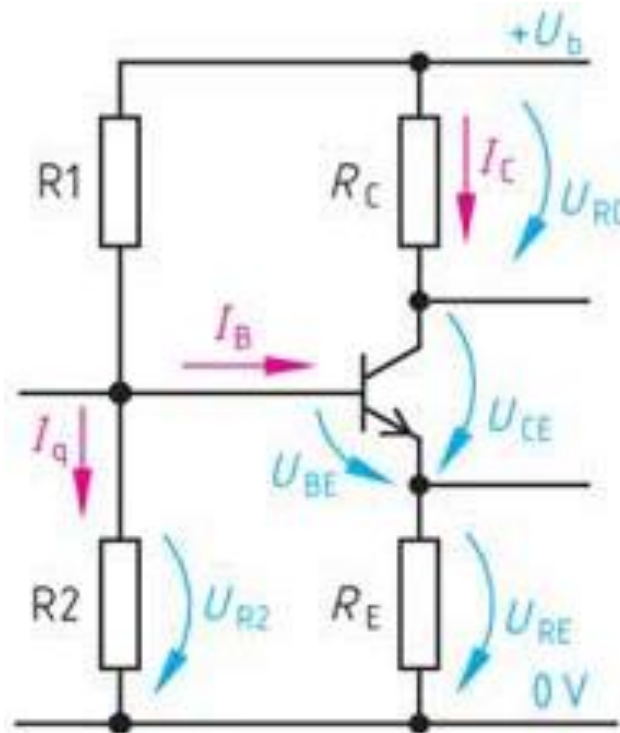
**Daerah Jenuh** : Daerah kerja transistor saat jenuh adalah keadaan dimana transistor

- (Saturasi) mengalirkan arus secara maksimum dari kolektor ke emitor sehingga transistor tersebut seolah-olah *short* hubungan antara kolektor dengan emitor. Pada daerah ini transistor dikatakan menghantar maksimum (sambungan *CE* terhubung maksimum).
- Daerah Aktif (Menghantar)** : Pada daerah kerja ini transistor biasanya digunakan sebagai penguat sinyal. Transistor dikatakan bekerja pada daerah aktif karena transistor selalu mengalirkan arus dari kolektor ke emitor walaupun tidak dalam proses penguatan sinyal, hal ini ditujukan untuk menghasilkan sinyal keluaran yang tidak cacat. Daerah aktif terletak antara daerah jenuh (saturasi) dan daerah mati (*cut-off*).
- Daerah Mati (Cut-Off)** : Daerah *cut-off* merupakan daerah kerja transistor dimana keadaan transistor menyumbat pada hubungan antara kolektor dan emitor. Daerah *cut-off* sering dinamakan sebagai daerah mati karena pada daerah kerja ini transistor tidak dapat mengalirkan arus dari kolektor ke emitor. Pada daerah *cut-off* transistor dapat di analogikan sebagai saklar terbuka pada hubungan kolektor dengan emitor.

Prinsip kerja dari komponen ini yang difungsikan sebagai saklar ialah dengan mendapatkan manfaat dari *cut-off* dan kondisi jenuh dari transistor itu sendiri, yang mana kedua keadaan tersebut bisa didapat dengan mengatur besarnya arus yang melewati basis transistor.

Saturasi atau disebut juga kondisi / keadaan jenuh akan didapat bila basis transistor diberikan arus yang cukup besar hingga transistor menjadi jenuh dan fungsinya menjadi saklar yang menutup. Sedangkan keadaan *cut-off* didapatkan apabila arus basisnya dilewati dengan arus yang amat kecil bahkan hampir nol *ampere*, yang menjadikan transistor berfungsi sebagai saklar yang membuka.

Bila dikaji lebih dalam lagi maka tiap jenis dari seri transistor mempunyai spesifikasi yang berlainan terhadap arus yang diperlukan hingga tercapainya keadaan *cut-off* dan jenuh. Walaupun berbeda, pada dasarnya tidak sangat jauh perbedaannya, kecuali pembuatannya dari bahan semikonduktor yang berbeda pula yaitu germanium atau silikon.

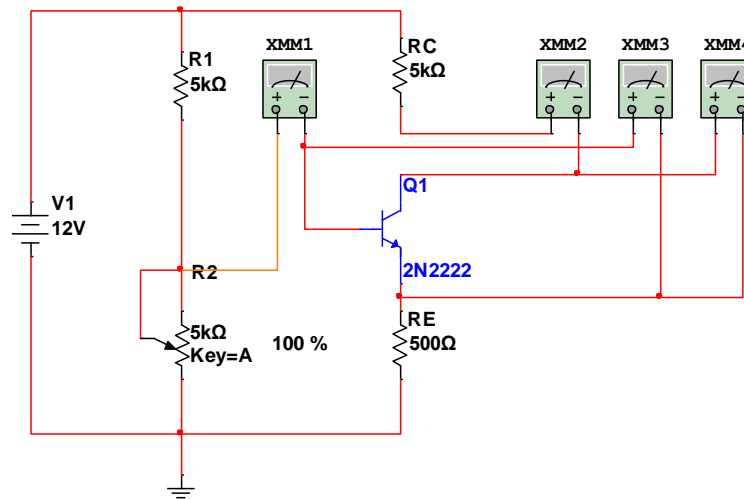


Gambar 1. Konsep Dasar Transistor

**Keterangan:**

- $R_1, R_2$**  :  $R_1$  bersama-sama  $R_2$  membentuk rangkaian seri resistor yang dihubungkan ke catu daya (*power supply*). Rangkaian seri ini menghasilkan tegangan *drop* pada ujung-ujung kakinya yang diberikan kepada transistor untuk membuat transistor bekerja dan mengalirkan arus listrik melalui transistor.
- $R_C$**  : Berfungsi untuk membatasi besar arus yang boleh mengalir masuk ke kaki kolektor. Pembatasan arus masuk ke kolektor agar tidak melewati batas maksimum arus yang boleh masuk ke kaki kolektor agar tidak merusakkan transistor yang bersangkutan.
- $R_E$**  : Berfungsi untuk membatasi besarnya arus yang boleh mengalir masuk ke kaki emitor. Pembatasan arus masuk ke emitor agar tidak melewati batas maksimum arus yang boleh masuk ke kaki emitor agar tidak merusakkan transistor yang bersangkutan.
- Transistor** : Berfungsi melipatgandakan arus yang kecil di bagian masukan (basis) menjadi jauh lebih besar (sesuai dengan kemampuan transistor) di bagian keluaran (emitor – kolektor). Perubahan-perubahan pada arus basis ini juga dirasakan sebagai perubahan-perubahan yang lebih besar di bagian keluaran.

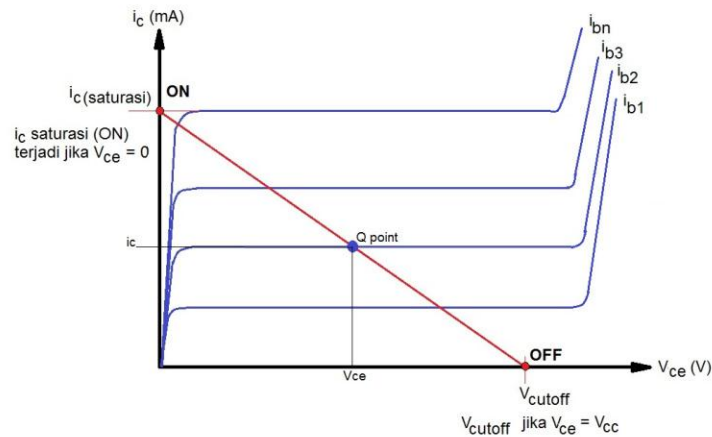
$$V_{BE} = 0,7V, I_B = \dots \mu A \text{ dan } I_C = \dots mA$$



Gambar 2. Rangkaian Dasar Transistor

Tabel 1. Hasil Pengukuran Rangkaian Dasar Transistor

$R_2$		$V_{BE}$	$I_B$	$I_C$	$V_{CE}$	$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$	Kondisi
%	$\Omega$						
0	0,001	-4,881 $\mu$ V	-121,973 $\mu$ A	0	11,995V	0	Cut-Off
5	250	544,51mV	777,156 $\mu$ A	53,291 $\mu$ A	11,705V	68,572	Cut-Off
10	500	619,331mV	5,995 $\mu$ A	931,699 $\mu$ A	6,868V	155,413	Cut-Off
15	750	645,993mV	16,103 $\mu$ A	1,801mA	2,085V	111,843	Aktif
20	1k	660,723mV	197,354 $\mu$ A	2,153mA	61,902mV	10,909	Aktif
25	1,25k	665,319mV	445,194 $\mu$ A	2,134mA	41,04mV	4,793	Aktif
30	1,5k	668,541mV	629,334 $\mu$ A	2,119mA	33,179mV	3,367	Aktif
35	1,75k	670,946mV	772,271 $\mu$ A	2,106mA	28,842mV	2,727	Aktif
40	2k	672,804mV	885,07 $\mu$ A	2,097mA	26,069mV	2,369	Aktif
45	2,25k	674,293mV	977,44 $\mu$ A	2,089mA	24,121mV	2,137	Aktif
50	2,5k	675,509mV	1,054mA	2,082mA	22,68mV	1,975	Saturasi
55	2,75k	676,525mV	1,118mA	2,076mA	21,565mV	1,857	Saturasi
60	3k	677,377mV	1,173mA	2,071mA	20,685mV	1,766	Saturasi
65	3,25k	678,111mV	1,221mA	2,067mA	19,964mV	1,693	Saturasi
70	3,5k	678,746mV	1,262mA	2,063mA	19,366mV	1,635	Saturasi
75	3,75k	679,3mV	1,299mA	2,06mA	18,862mV	1,586	Saturasi
80	4k	679,792mV	1,331mA	2,057mA	18,428mV	1,545	Saturasi
85	4,25k	680,231mV	1,36mA	2,055mA	18,051mV	1,511	Saturasi
90	4,5k	680,62mV	1,386mA	2,053mA	17,726mV	1,481	Saturasi
95	4,75k	680,975mV	1,41mA	2,05mA	17,434mV	1,454	Saturasi
100	5k	681,292mV	1,431mA	2,049mA	17,178mV	1,432	Saturasi



Gambar 3. Garis Beban Rangkaian Dasar Transistor

**Kesimpulan:**

**Daerah Saturasi** : Daerah ini terjadi jika  $V_{CE} = 0$ , hasil praktikum didapat nilai untuk  $V_{CE} = 17,178mV$  dan  $I_C = 2,049mA$ .

**Daerah Aktif / Menghantar (Q-point)** : Daerah ini terjadi bila  $h_{FE}$  mencapai nilai maksimum (tergantung tipe transistor, lihat kembali *datasheet* untuk tiap-tiap transistor), hasil praktikum didapat nilai untuk  $h_{FE} = 111,843$ ,  $V_{CE} = 2,085V$  dan  $I_C = 1,801mA$ .

Untuk membuat transistor dapat menghantarkan arus listrik, maka pada bagian *input* (kaki basis transistor) perlu diberikan tegangan. Besarnya tegangan yang diberikan pada kaki basis ini harus lebih besar dari tegangan  $V_{BE}$  (0,3V untuk transistor *germanium* dan 0,7V untuk transistor *silicon*) atau  $V_{BB} > V_{BE}$ .

**Daerah Cut-Off** : Daerah ini terjadi jika nilai  $V_{CE} = V_{CC}$ , hasil praktikum didapat nilai untuk  $V_{CE} = 11,995V$  dan  $I_C = 0$ .

## MODUL II SAKLAR TRANSISTOR

### 2.1. HASIL PEMBELAJARAN

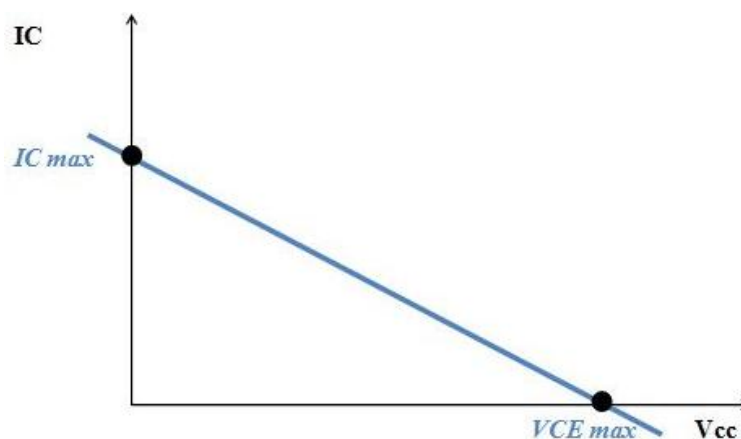
Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan karakteristik serta fungsi dari rangkaian dasar saklar transistor.

### 2.2. TUJUAN

Bagian ini memberikan informasi mengenai penerapan rangkaian saklar transistor dalam rangkaian elektronika.

### 2.3. DASAR TEORI

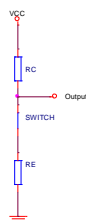
Salah satu fungsi transistor adalah sebagai saklar yaitu bila berada pada dua daerah kerjanya (daerah jenuh / saturasi dan daerah mati / *cut-off*). Transistor akan mengalami perubahan kondisi dari menyumbat ke jenuh atau sebaliknya. Transistor dalam keadaan menyumbat dapat dianalogikan sebagai saklar terbuka, sedangkan dalam keadaan jenuh seperti saklar yang menutup.

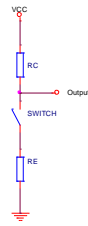


Gambar 4. Garis Beban Saklar Transistor

**Daerah Jenuh / Saturasi** : Keadaan dimana transistor mengalirkan arus secara maksimum dari kolektor ke emitor sehingga transistor tersebut seolah-olah *short* pada hubungan kolektor dengan emitor. Pada daerah ini transistor dikatakan menghantar maksimum (sambungan *CE* terhubung maksimum).

berdasarkan gambar 2 didapat besarnya  $V_{CE} = 0V$ , sehingga besarnya nilai  $I_C = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} = \frac{12V}{5k + 500} = \frac{12V}{2,5k} = 4,8mA$ .



**Daerah mati / *cut-off***

: Keadaan dimana transistor menyumbat pada hubungan kolektor dengan emitor. Daerah *cut-off* sering dinamakan sebagai daerah mati karena pada daerah kerja ini transistor tidak dapat menghantarkan arus listrik dari kolektor ke emitor. Pada daerah *cut-off* ini transistor dapat di analogikan sebagai saklar terbuka pada hubungan kolektor dengan emitor.

Berdasarkan gambar 2 didapat besarnya  $I_B = I_C = 0$ , sehingga besarnya nilai  $V_{CE} = V_{CC} = 12V$ .

## MODUL III PENGUAT TRANSISTOR

### 3.1. HASIL PEMBELAJARAN

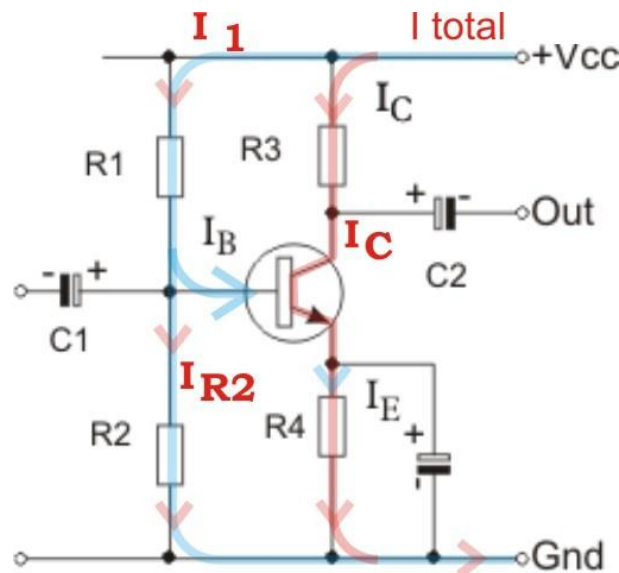
Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan karakteristik serta fungsi dari penguat transistor dalam rangkaian elektronika.

### 3.2. TUJUAN

Bagian ini memberikan informasi mengenai karakteristik dan penerapan penguat transistor dalam rangkaian elektronika.

### 3.3. DASAR TEORI

salah satu fungsi utama transistor adalah sebagai penguat sinyal. Dalam hal ini transistor bisa dikonfigurasi sebagai penguat tegangan, penguat arus ataupun penguat daya.



Gambar 5. Penguat Satu Transistor

#### Keterangan:

- $R_1, R_2$  :  $R_1$  bersama-sama  $R_2$  membentuk rangkaian seri resistor yang dihubungkan ke catu daya (*power supply*). Rangkaian seri ini menghasilkan tegangan *drop* pada ujung-ujungnya yang diberikan kepada transistor untuk membuat transistor bekerja dan mengalirkan arus listrik melalui transistor.
- $R_3$  : Berfungsi untuk membatasi besar arus yang boleh mengalir masuk ke kaki kolektor. Pembatasan arus masuk ke kolektor agar tidak melewati batas maksimum arus yang boleh masuk ke kaki kolektor agar tidak merusakkan transistor yang bersangkutan.
- $R_4$  : Berfungsi untuk membatasi besarnya arus yang boleh mengalir masuk ke kaki emitor. Pembatasan arus masuk ke emitor agar tidak melewati batas maksimum arus yang boleh masuk ke kaki emitor agar tidak merusakkan transistor yang bersangkutan.
- $C_1$  : Berfungsi untuk menolak (memblok) arus searah dari terminal masukan



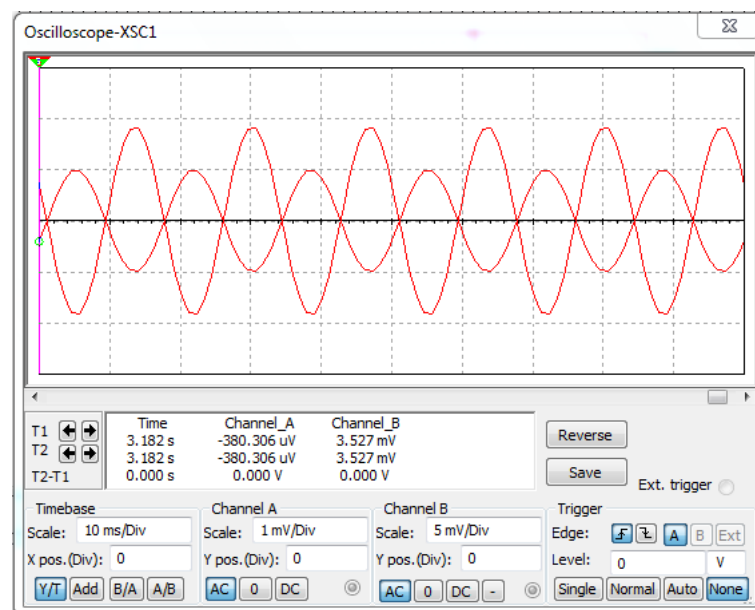
agar tidak masuk ke rangkaian tetapi meneruskan arus bolak-balik dari terminal masukan untuk diteruskan masuk ke dalam rangkaian dan dikuatkan.

**C<sub>2</sub>** : Berfungsi untuk menolak (memblok) arus searah pada rangkaian dibagian keluaran agar tidak masuk ke rangkaian tetapi meneruskan arus bolak-balik yang sudah dikuatkan untuk diteruskan masuk ke rangkaian penguat berikutnya.

**C<sub>3</sub>** : Berfungsi sebagai jalan pintas (*by pass*) arus sinyal bolak-balik (AC) sehingga sinyal AC tersebut (yang sesuai dengan sinyal masukan yang dikuatkan) tidak perlu melewati resistor emitor yang bernilai cukup besar. Dengan demikian diperoleh arus sinyal bolak-balik yang besar dan menghasilkan tegangan sinyal yang besar pula di keluarannya (*output*).

**Transistor** : Berfungsi melipatgandakan arus yang kecil di bagian masukan (basis) menjadi jauh lebih besar (sesuai dengan kemampuan transistor) di bagian keluaran (emitor – kolektor). Perubahan-perubahan pada arus basis ini juga dirasakan sebagai perubahan-perubahan yang lebih besar di bagian keluaran.

Berdasarkan gambar 2 dan tabel 1, didapat bahwa transistor akan mencapai penguatan secara maksimum saat nilai  $R_1 = 5k\Omega$ ,  $R_2 = 750\Omega$ ,  $R_C = 5k\Omega$ ,  $R_E = 500\Omega$ ,  $V_{BE} = 645,993mV$ ,  $I_B = 16,103\mu A$ ,  $I_C = 1,801mA$  dan  $V_{CE} = 2,085V$  dengan besar penguatan maksimum atau nilai  $h_{FE} = 111,843$ .

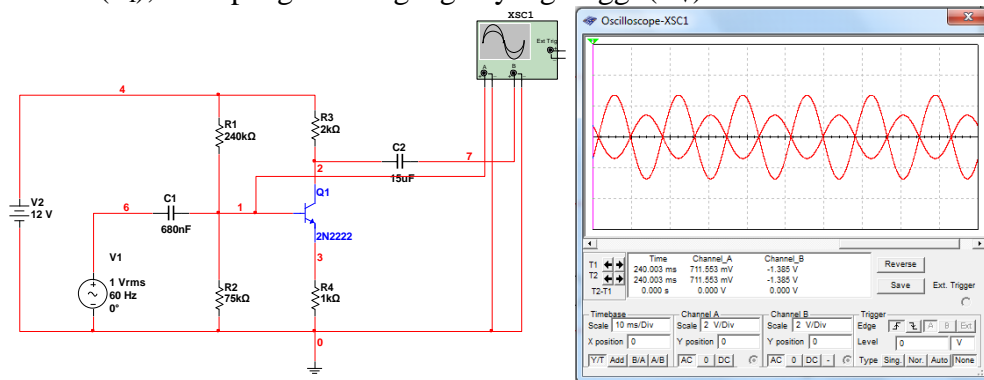


Gambar 6. Hasil Pengukuran Osiloskop Penguat Transistor

Berdasarkan sistem pertanahan transistor (dikenal dengan istilah *grounding*) penguat transistor dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

### 1. *Common Emitter*

*Common Emitter* adalah penguat yang kaki emitornya di *ground*-kan atau dibumikan, lalu *input* dimasukkan ke basis dan *output* diambil dari kaki kolektor. Penguat *Common Emitter* mempunyai karakter sebagai penguat tegangan. Konfigurasi ini memiliki resistansi *input* yang sedang, transkonduktansi yang tinggi, resistansi *output* yang tinggi dan memiliki penguatan arus ( $A_I$ ), serta penguatan tegangan yang tinggi ( $A_V$ ).



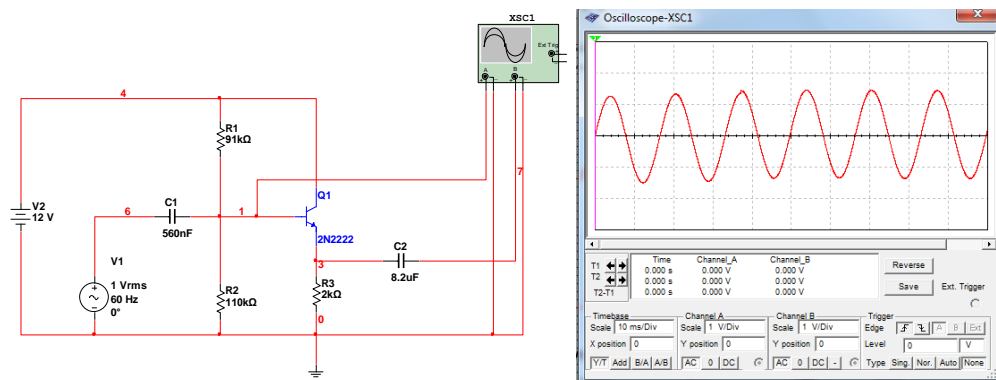
Gambar 7. Penguat *Common Emitter*

#### Karakteristik Penguat *Common Emitter* :

- Sinyal *output*-nya berbalik fasa  $180^\circ$  terhadap sinyal *input*.
- Sangat mungkin terjadi isolasi karena adanya umpan balik positif, sehingga sering dipasang umpan balik negatif untuk mencegahnya.
- Sering dipakai pada penguat frekuensi rendah (terutama pada sinyal *audio*).
- Mempunyai stabilitas penguatan yang rendah karena bergantung pada kestabilan suhu dan bias transistor.

### 2. *Common Collector*

*Common Collector* adalah penguat yang kaki kolektornya di *ground*-kan atau dibumikan, lalu *input* dimasukkan ke basis dan *output* diambil dari kaki emitor. Penguat *Common Collector* mempunyai karakteristik sebagai penguat arus.



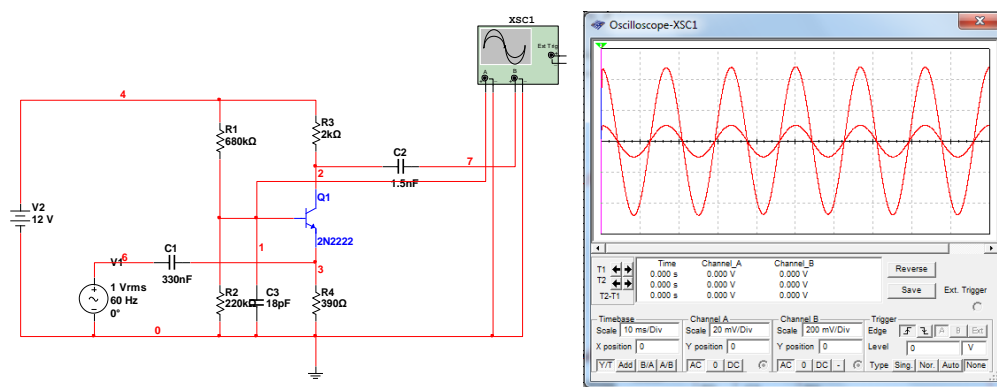
Gambar 8. Penguat *Common Collector*

### Karakteristik Penguat *Common Collector* :

- Sinyal *output*-nya sefase dengan sinyal *input*-nya.
- Mempunyai penguatan tegangan sama dengan 1.
- Mempunyai penguatan arus sama dengan  $h_{FE}$  transistor.
- Cocok dipakai untuk penguat penyangga karena mempunyai impedansi *output* yang rendah.

### 3. *Common Base*

*Common Base* adalah penguat yang kaki basis transistornya di *ground*-kan, lalu *input*-nya dimasukkan ke emitor dan *output*-nya diambil dari kaki kolektor. Penguat *Common Base* mempunyai karakter sebagai penguat tegangan.



Gambar 9. Penguat *Common Base*

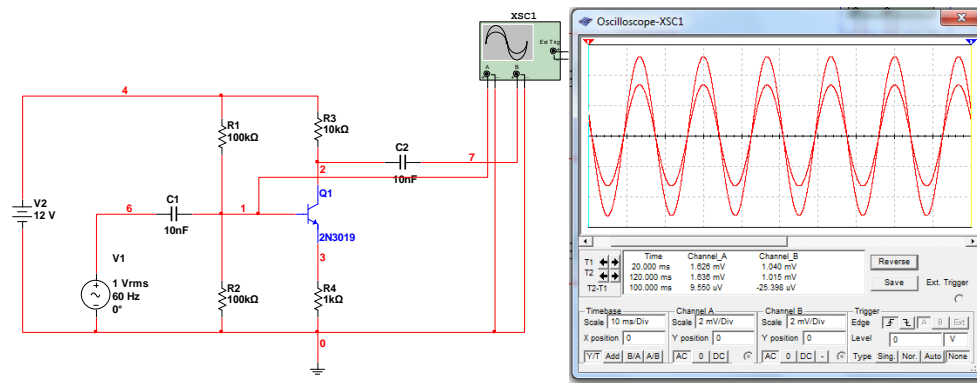
### Karakteristik Penguat *Common Base* :

- Adanya isolasi *input* dan *output* tinggi sehingga *feedback* lebih kecil.
- Cocok sebagai *Pre-Amp* karena mempunyai impedansi *input* tinggi yang dapat menguatkan sinyal kecil.
- Dapat dipakai sebagai penguat frekuensi tinggi (biasanya terdapat pada jalur *UHF* atau *VHF*).
- Dapat dipakai sebagai *buffer* atau penyangga.

Berdasarkan titik kerjanya Penguat Transistor dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

#### 1. Penguat Kelas A

Penguat kelas A adalah penguat yang titik kerja efektifnya setengah dari tegangan  $V_{CC}$  penguat. Untuk bekerja Penguat Kelas A memerlukan bias awal yang menyebabkan penguat dalam kondisi siap untuk menerima sinyal. Karena hal ini maka Penguat Kelas A menjadi penguat dengan efisiensi terendah namun dengan tingkat distorsi (cacat sinyal) terkecil.

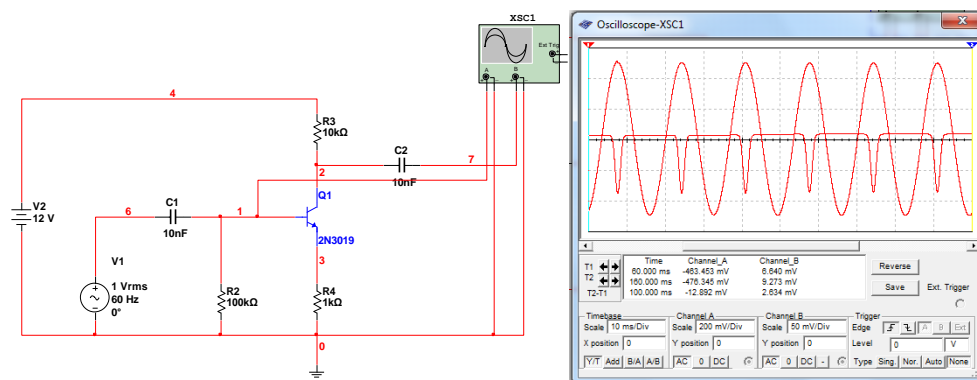


Gambar 10. Penguat Kelas A

Sistem bias Penguat Kelas A yang populer adalah Sistem bias Pembagi Tegangan dan Sistem Umpan Balik Kolektor. Melalui perhitungan tegangan bias yang tepat maka kita akan mendapatkan titik kerja transistor tepat pada setengah dari tegangan  $V_{CC}$  penguat. Penguat Kelas A cocok dipakai pada penguat awal (*pre amplifier*) karena mempunyai distorsi yang kecil.

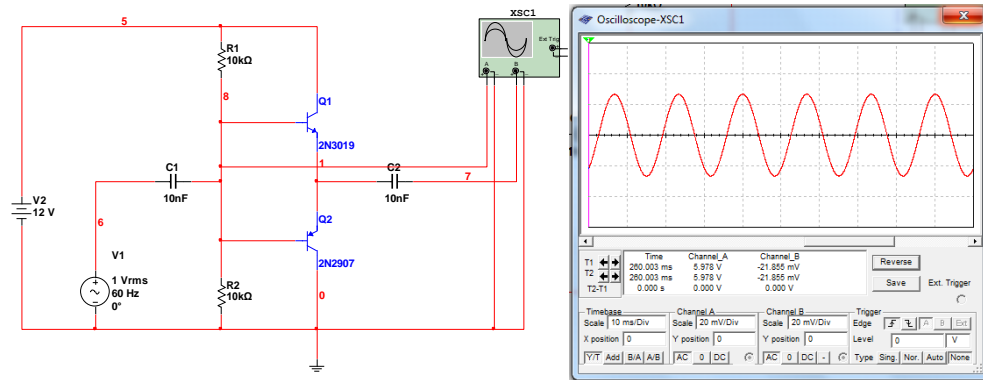
## 2. Penguat Kelas B

Penguat Kelas B adalah penguat yang bekerja berdasarkan tegangan bias dari sinyal *input* yang masuk. Titik kerja Penguat Kelas B berada pada titik *cut-off* transistor. Dalam kondisi tidak ada sinyal *input* maka Penguat Kelas B berada dalam kondisi *OFF* dan baru bekerja jika ada sinyal *input* dengan *level* diatas 0,6 volt (batas tegangan bias transistor).



Gambar 11. Penguat Kelas B Satu Transistor

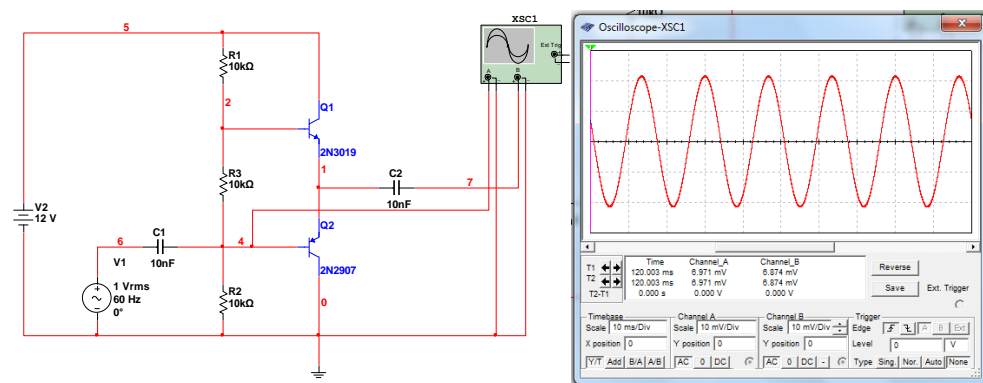
Penguat Kelas B mempunyai efisiensi yang tinggi karena baru bekerja jika ada sinyal *input*. Namun karena ada batasan tegangan 0,6 volt maka Penguat Kelas B tidak bekerja jika *level* sinyal *input* dibawah 0,6 volt. Hal ini menyebabkan distorsi (cacat sinyal) yang disebut distorsi *cross over*, yaitu cacat pada persimpangan sinyal sinus bagian atas dan bagian bawah.



Gambar 12. Penguat Kelas B Dua Transistor

### 3. Penguat Kelas AB

Penguat Kelas AB merupakan penggabungan dari Penguat Kelas A dan Penguat Kelas B. Penguat Kelas AB diperoleh dengan sedikit menggeser titik kerja transistor sehingga distorsi *cross over* dapat diminimalkan. Titik kerja transistor tidak lagi di garis *cut-off* namun berada sedikit di atasnya.

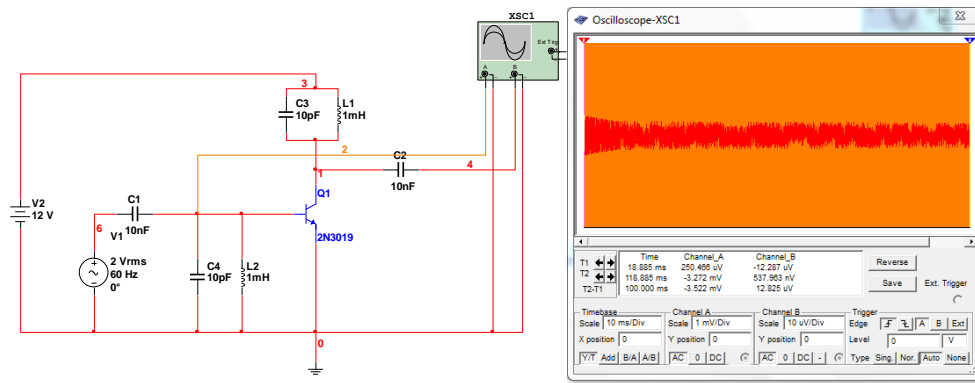


Gambar 13. Penguat Kelas AB

Penguat Kelas AB merupakan kompromi antar efisiensi dan fidelitas penguat. Dalam aplikasinya Penguat Kelas AB banyak menjadi pilihan sebagai Penguat Audio.

### 4. Penguat Kelas C

Penguat Kelas C mirip dengan Penguat Kelas B, yaitu titik kerjanya berada di daerah *cut-off* transistor. Bedanya adalah Penguat Kelas C hanya perlu satu transistor untuk bekerja normal tidak seperti Penguat Kelas B yang harus menggunakan dua buah transistor (sistem *push-pull*). Hal ini karena Penguat Kelas C khusus dipakai untuk menguatkan sinyal pada satu sisi atau bahkan hanya puncak-puncak sinyal saja.



Gambar 14. Penguat Kelas C

Penguat kelas C tidak memerlukan fidelitas, yang dibutuhkan adalah frekuensi kerja sinyal sehingga tidak memperhatikan bentuk sinyal. Penguat kelas C dipakai pada penguat frekuensi tinggi. Pada penguat kelas C sering ditambahkan sebuah rangkaian resonator LC untuk membantu kerja penguat. Penguat kelas C mempunyai efisiensi yang tinggi sampai 100 % namun dengan fidelitas yang rendah.