

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Transistor**

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

Pada umumnya, transistor memiliki 3 terminal, yaitu *Basis* (B), *Emitor* (E) dan *Kolektor* (C). Tegangan yang di satu terminalnya misalnya *Emitor* dapat dipakai untuk mengatur arus dan tegangan yang lebih besar daripada arus input Basis, yaitu pada keluaran tegangan dan arus output *Kolektor*.

Transistor merupakan komponen yang sangat penting dalam dunia elektronik modern. Dalam rangkaian analog, transistor digunakan dalam *amplifier* (penguat). Rangkaian analog melingkupi pengeras suara, sumber listrik stabil (*stabilisator*) dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi. Beberapa transistor juga dapat dirangkai sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai *logic gate*, memori dan fungsi rangkaian-rangkaian lainnya.

Transistor dibuat dari bahan semikonduktor. Bahan semikonduktor yang terpenting adalah *Silikon* dan *Germanium*. *Silikon* lebih banyak digunakan sebagai bahan semikonduktor dibanding *Germanium*, karena *Silikon* mempunyai sifat-sifat yang lebih disukai dibandingkan dengan *Germanium*. Komponen ini mempunyai banyak fungsi dalam dunia elektronik, diantaranya sebagai penguat, *switching* (saklar), modulasi signal, stabilitas tegangan dan lain-lain. Bahkan seiring dengan perkembangan teknologi yang saat ini semakin pesat, transistor saat ini juga telah mengalami perkembangan di segi fungsinya, dia sekarang telah dapat digunakan



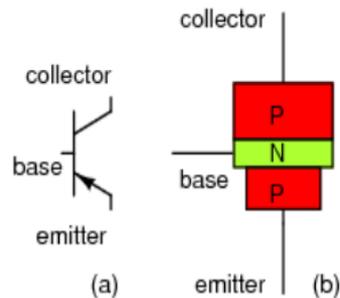
sebagai *memory*, dan pemroses isyarat getaran-getaran listrik dalam dunia prosesor komputer. Bukan hanya itu, transistor juga telah mengalami perkembangan dilihat dari segi bentuk, karena saat ini satu buah transistor telah berhasil diciptakan dalam ukuran super kecil, yaitu hanya dalam ukuran nano mikron (transistor yang dikemas dalam prosesor komputer).

### **2.1.1 Pengertian Transistor Sebagai Penguat**

Transistor adalah alat semikonduktor yang dipakai sebagai penguat, sebagai sirkuit pemutus dan penyambung (*switching*), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau sebagai fungsi lainnya. Transistor dapat berfungsi semacam kran listrik, dimana berdasarkan arus inputnya (BJT) atau tegangan inputnya (FET), memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sirkuit sumber listriknya. Pada umumnya, transistor memiliki 3 terminal, yaitu Basis (B), Emitor (E) dan Kolektor (C). Tegangan atau arus yang dipasang di satu terminalnya mengatur arus yang lebih besar yang melalui 2 terminal lainnya. Transistor adalah komponen yang sangat penting dalam dunia elektronik modern. Dalam rangkaian analog, transistor digunakan dalam amplifier (penguat). Rangkaian analog melingkupi pengeras suara, sumber listrik stabil, dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi. Beberapa transistor juga dapat dirangkai sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai *logic gate*, memori, dan komponen-komponen lainnya.

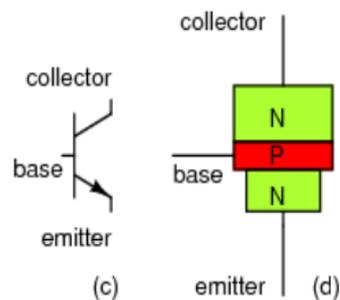
Prinsip yang di pakai didalam transistor sebagai penguat yaitu arus kecil pada basis dipakai untuk mengontrol arus yang lebih besar yang diberikan ke *kolektor* melalui transistor tersebut. Dari sini bisa kita lihat bahwa fungsi dari transistor adalah hanya sebagai penguat ketika arus *basis* akan berubah. Perubahan arus kecil pada basis inilah yang dinamakan dengan perubahan besar pada arus yang mengalir dari *kolektor* ke *emitter*. Kelebihan dari transistor penguat bukan sekedar bisa menguatkan sinyal, namun transistor ini juga dapat di pakai sebagai penguat arus, penguat daya dan penguat tegangan. Di bawah ini gambar yang biasa di pakai dalam rangkaian transistor khususnya sebagai penguat yang biasa di pakai dalam

rangkaian amplifier sederhana. Simbol transistor jenis NPN tanda panahnya akan keluar dari base, sementara untuk jenis PNP tanda panah akan masuk menuju base.



Gambar 2.1 (a). Simbol Transistor PNP

(b). Konstruksi Transistor PNP



Gambar 2.2 (c). Simbol Transistor NPN

(d). Konstruksi Transistor NPN

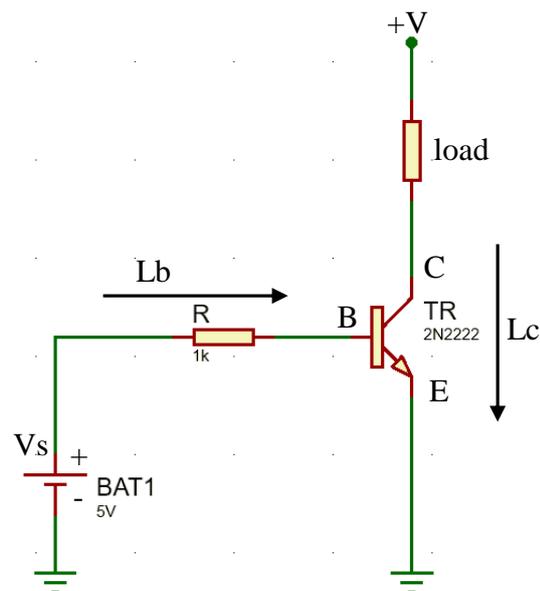
### 2.1.2 Fungsi Transistor

Transistor dapat berfungsi juga sebagai (a) penguat arus maupun tegangan yang dipakai sebagai penguat, (b) sebagai sirkuit pemutus dan penyambung (*switching*), (c) *stabilisasi* tegangan semacam kran listrik, dimana berdasarkan arus inputnya (BJT) atau tegangan inputnya (FET), dan (d) memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sirkuit sumber listriknya.

Fungsi transistor sangat menentukan kinerja dari sebuah rangkaian elektronika. Dalam sebuah sirkuit/rangkaian elektronika, transistor berfungsi

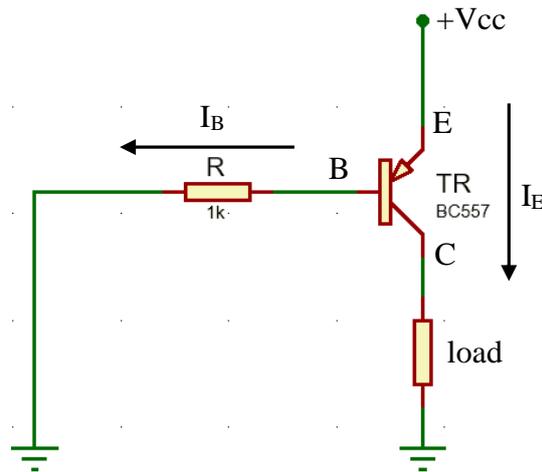
sebagai jangkar rangkaian. Secara fisik, Transistor adalah sebuah komponen elektronika semi konduktor yang memiliki 3 kaki, yang masing-masing kakinya diberi nama *basis* (B), *colector* (C) dan *emitor* (E). Dalam sebuah sirkuit, fungsi Transistor dapat digunakan sebagai sebuah penguat (*amplifier*), sirkuit pemutus dan penyambung (*switching*), stabilisasi tegangan (*stabilisator*), modulasi sinyal dan berbagai fungsi lainnya.

### 2.1.3 Prinsip Kerja dari Transistor



Gambar 2.3 Proses kerja Transistor NPN

Transistor NPN menerima tegangan positif pada pin *collector*, sehingga membuat arus mengalir dari *collector* ke *emitor* ( $L_c$ ), untuk hal ini harus ada arus *basis* yang cukup ( $L_b$ ) untuk meng “On” kan transistor.



Gambar 2.4 Proses Kerja Transistor PNP

Transistor PNP menerima tegangan positif pada pin *emitor*. Hal ini sehingga membuat arus dapat mengalir dari emitor ke *kolektor* ( $I_e$ ), untuk hal ini harus ada arus negatif ke basis – arus yang mengalir keluar dari *basis* ke *ground* ( $I_b$ ).

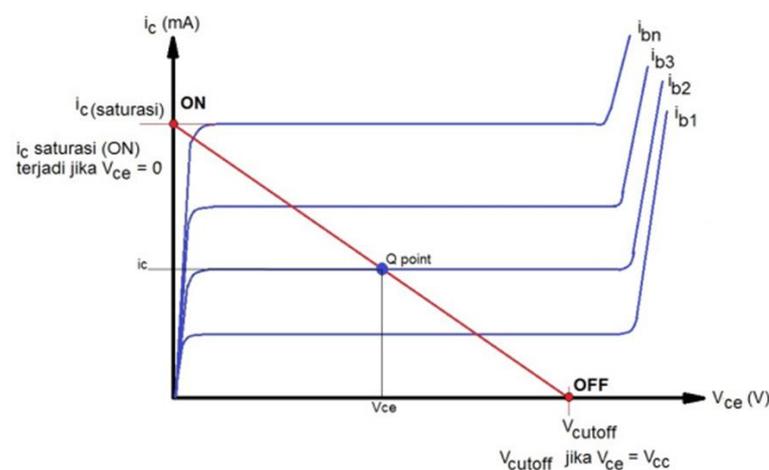
Prinsip dasar dari kerja transistor yang lain adalah tidak akan ada arus antara *colektor* dan *emitor* apabila pada basis tidak diberi tegangan muka atau bias. Bias pada basis ini biasanya diikuti dengan sinyal-sinyal atau pulsa listrik yang nantinya hendak dikuatkan, sehingga pada kolektor, sinyal yang di inputkan pada kaki basis telah dikuatkan. Kedua jenis transistor baik NPN ataupun PNP memiliki prinsip kerja yang sama.

Dari banyak tipe-tipe transistor modern, pada awalnya ada dua tipe dasar transistor, *bipolar junction* transistor (BJT atau transistor bipolar) dan *field-effect* transistor (FET), yang masing-masing bekerja secara berbeda. Transistor bipolar dinamakan demikian karena kanal konduksi utamanya menggunakan dua polaritas pembawa muatan: elektron dan lubang, untuk membawa arus listrik. Dalam BJT, arus listrik utama harus melewati satu daerah/lapisan pembatas dinamakan *depletion zone*, dan ketebalan lapisan ini dapat diatur dengan kecepatan tinggi dengan tujuan untuk mengatur aliran arus utama tersebut.

FET hanya menggunakan satu jenis pembawa muatan (*elektron* atau *hole*, tergantung dari tipe FET). Dalam FET, arus listrik utama mengalir dalam satu kanal konduksi sempit dengan *depletion zone* di kedua sisinya (dibandingkan dengan transistor bipolar dimana daerah *Basis* memotong arah arus listrik utama). Dan ketebalan dari daerah perbatasan ini dapat diubah dengan perubahan tegangan yang diberikan, untuk mengubah ketebalan kanal konduksi tersebut.

#### 2.1.4 Karakteristik dan Daerah Kerja Transistor

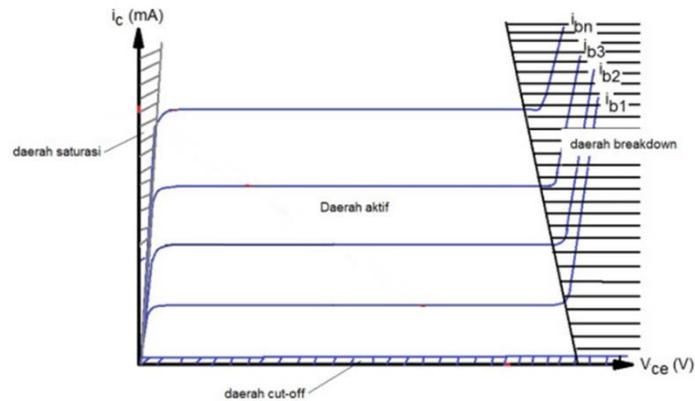
Transistor BJT digunakan untuk 3 penggunaan berbeda: *mode cut off*, *mode linear amplifier*, dan *mode saturasi*. Penggunaan fungsi transistor bisa menggunakan karakteristik dari masing- masing daerah kerja ini. Selain untuk membuat fungsi daripada transistor, karakteristik transistor juga dapat digunakan untuk menganalisa arus dan tegangan transistor.



Gambar 2.5 Kurva Karakteristik Transistor BJT

Jadi pada kurva karakteristik transistor terdapat 4 daerah (zona) yaitu daerah aktif, daerah saturasi, daerah *cut-off* dan daerah *breakdown*. Transistor yang dirangkain untuk bekerja sebagai penguat signal (*amplifier*) akan bekerja pada daerah aktif. Sedangkan transistor yang dirangkai sebagai saklar akan bekerja pada daerah saturasi ketika dalam kondisi ON dan bekerja pada daerah *cut-off* ketika dalam kondisi OFF. Bila kerja transistor masuk ke daerah *breakdown*, maka

transistor menjadi rusak. Ke 4 daerah kerja transistor ini dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.6 Ke-4 Daerah Kerja Transistor Dalam Kurva Karakteristik Transistor

Karakteristik dari masing-masing daerah operasi transistor tersebut dapat diringkas sebagai berikut :

1. Daerah Potong (*Cut-Off*)

Dioda Emiter diberi prategangan mundur. Akibatnya, tidak terjadi pergerakan elektron, sehingga arus Basis,  $I_B = 0$ . Demikian juga, arus Kolektor,  $I_C = 0$ , atau disebut  $I_{CEO}$  (Arus Kolektor ke Emiter dengan harga arus Basis adalah 0). Daerah cut – off (putus) terletak dibawah  $I_B = I_{CO}$ . Sambungan emitor dan sambungan kolektor diberi bias balik. Pada daerah ini  $I_E = 0$  ;  $I_C = I_{CO} = I_B$ .

Besarnya tegangan antara kolektor dan emitor transistor pada kondisi mati atau cut off adalah :

$$V_{ce} = V_{cc} - I_c . R_c \dots\dots\dots(1)$$

Karena kondisi mati  $I_c = 0$  (transistor ideal) maka :

$$V_{ce} = V_{cc} . R_c \dots\dots\dots(2)$$

$$V_{ce} = V_{cc} \dots\dots\dots(3)$$

Besar arus basis  $I_b$  adalah

$$I_b = \frac{I_c}{\beta} \dots\dots\dots(4)$$



## 2. Daerah Saturasi

Dioda *Emiter* di beri prategangan maju. Dioda Kolektor juga diberi prategangan maju. Akibatnya, arus Kolektor ( $I_C$ ), akan mencapai harga maksimum, tanpa bergantung kepada arus Basis ( $I_B$ ) dan ( $\beta_{dc}$ ). Hal ini, menyebabkan Transistor menjadi komponen yang tidak dapat dikendalikan. Untuk menghindari daerah ini, Dioda Kolektor harus diberi prategangan mundur, dengan tegangan melebihi  $V_{CE(sat)}$ , yaitu tegangan yang menyebabkan Dioda Kolektor saturasi.

Daerah jenuh (saturasi) adalah daerah dengan  $V_{CE}$  kurang dari tegangan Input Daerah jenuh terjadi bila sambungan emiter dan sambungan basis dibias maju. Pada daerah jenuh arus kolektor tidak bergantung pada nilai  $I_B$ . Tegangan jenuh kolektor – emiter,  $V_{CE(sat)}$  untuk transistor silikon adalah 0,2 V, sedangkan untuk transistor germanium adalah 0,1 V.

Besarnya tegangan kolektor emitor  $V_{ce}$  suatu transistor pada konfigurasi diatas dapat diketahui sebagai berikut :

$$V_{ce} = V_{ce} - I_c \cdot R_c \dots\dots\dots (1)$$

Karena kondisi jenuh  $V_{ce} = 0V$  (transistor ideal) maka besarnya arus kolektor ( $I_c$ ) adalah :

$$I_c = \frac{V_{cc}}{R_c} \dots\dots\dots (2)$$

Besarnya arus yang mengalir agar transistor menjadi jenuh (*saturasi*) adalah dengan Rumus Berikut :

$$R_b = \frac{V_i - V_{be}}{I_b} \dots\dots\dots (3)$$

Sehingga besar arus basis  $I_b$  jenuh adalah :

$$I_b \geq \frac{I_c}{\beta} \dots\dots\dots (4)$$



### 3. Daerah Aktif

Daerah aktif, adalah antara tegangan lutut VK dan tegangan dadal (breakdown) VBR serta di atas  $I_B = I_C$ . Daerah aktif terjadi bila sambungan emiter diberi bias maju dan sambungan kolektor diberi bias balik. Pada daerah aktif arus kolektor akan sebanding dengan arus basis. Penguatan sinyal masukan menjadi sinyal keluaran terjadi pada daerah aktif.

Dioda Emiter diberi prategangan maju. Dioda Kolektor diberi prategangan mundur. Terjadi sifat-sifat yang diinginkan, dimana :

$$I_E = I_C + I_B \dots\dots\dots (1)$$

$$\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B}, \dots\dots\dots (2)$$

$$I_C = \beta_{dc} I_B \dots\dots\dots (3)$$

$$\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E}, \dots\dots\dots (4)$$

$$I_C = \alpha_{dc} I_E \dots\dots\dots (5)$$

sebagaimana penjelasan pada bagian sebelumnya. Transistor menjadi komponen yang dapat dikendalikan.

### 4. Daerah *Breakdown*

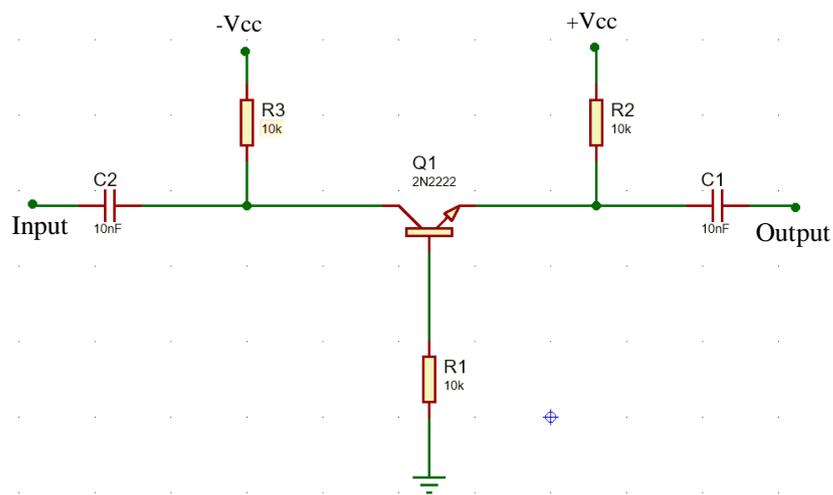
Dioda Kolektor diberiprategangan mundur yang melebihi tegangan Breakdown-nya,  $BV_{CEO}$  (tegangan breakdown dimana tegangan Kolektor ke Emiter saat Arus Basis adalah nol). Sehingga arus Kolektor,  $I_C$ , melebihi spesifikasi yang dibolehkan. Transistor dapat mengalami kerusakan.

#### **2.1.5 Jenis-Jenis Rangkaian Penguat Transistor**

Berdasarkan Cara Pemasangan Ground, Pengambilan Output, Dan Penguat Transistor Dibagi Menjadi Tiga Bagian Yaitu :

### 1. Common Base

Penguat Common Base digunakan sebagai penguat tegangan. Pada rangkaian ini Emitor merupakan input dan Collector adalah output sedangkan Basis di-ground-kan/ ditanahkan.



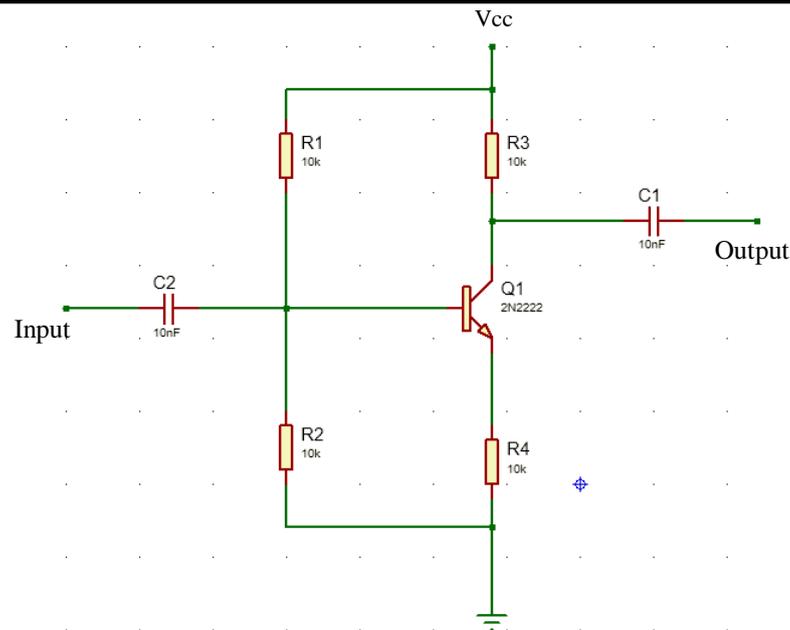
Gambar 2.7 Rangkaian Penguat *Common Base*

Sifat-sifat atau Karakteristik Penguat Common Base :

- 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.
- Dapat dipakai sebagai buffer.

### 2. Penguat *Common Emitter*

Penguat Common Emitter digunakan sebagai penguat tegangan. Pada rangkaian ini Emitor di-ground-kan/ ditanahkan, Input adalah Basis, dan output adalah Collector.

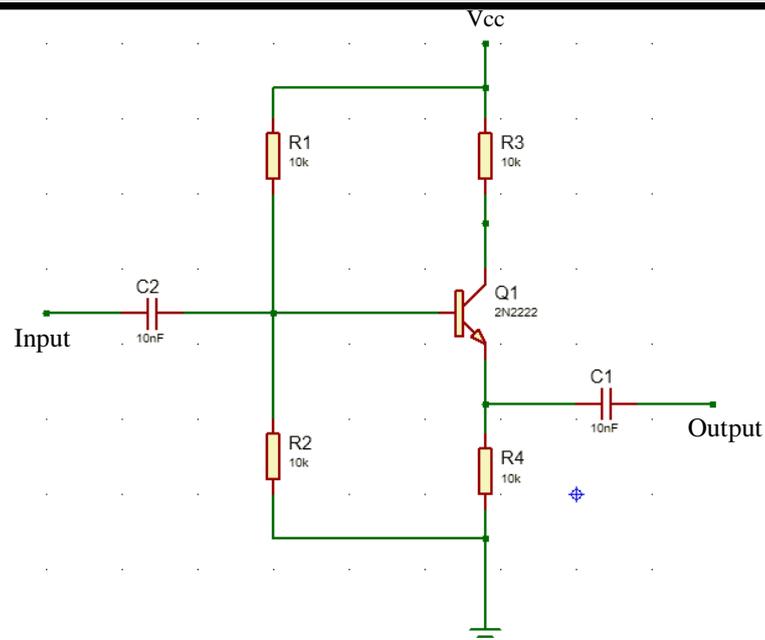
Gambar 2.8 Rangkaian Penguat *Common Emitter*

Sifat-sifat atau Karakteristik Penguat Common Emitter diantaranya :

- Signal output berbeda fasa 180 derajat.
- Memungkinkan adanya osilasi akibat feedback, untuk mencegahnya sering dipasang feedback negatif.
- Sering dipakai sebagai penguat audio (frekuensi rendah).
- Stabilitas penguatan rendah karena tergantung stabilitas suhu dan bias transistor

### 3. Penguat *Common Collector*

Penguat Common Collector digunakan sebagai penguat arus. Rangkaian ini hampir sama dengan Common Emitter tetapi outputnya diambil dari Emitter. Input dihubungkan ke Basis dan output dihubungkan ke Emitter. Rangkaian ini disebut juga dengan Emitter Follower (Pengikut Emitter) karena tegangan output hampir sama dengan tegangan input.



Gambar 2.9 Rangkaian Penguat *Common Collector*

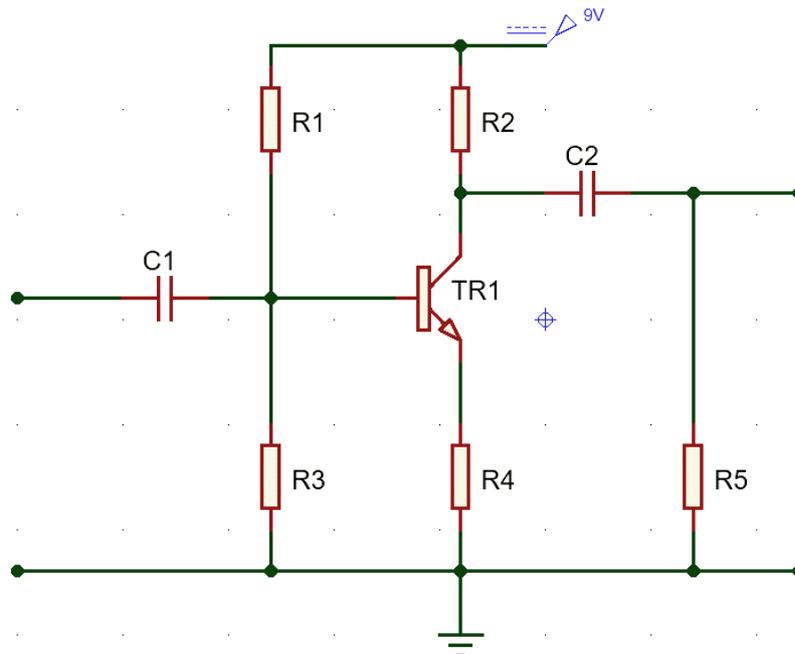
Sifat-sifat dan Karakteristik Penguat Common Collector diantaranya :

- Signal output dan sigal input satu fasa (tidak terbalik seperti Common Emitter).
- Penguatan tegangan kurang dari 1 (satu).
- Penguatan arus tinggi (sama dengan HFE transistor).
- Impedansi input tinggi dan impedansi output rendah sehingga cocok digunakan sebagai buffer.

Rangkaian Penguat Transistor Berdasarkan kelasnya transistor dibagi menjadi 3 jenis yaitu :

#### 1. Penguat Kelas A

Penguat kelas A adalah penguat dengan titik kerja yang berada ditengah garis beban transistor, arti berada ditengah-tengah ini adalah tegangan kerja transistor ( $V_B$ ) adalah  $1/2$  dari terganagan  $V_{CE}$ . Rangkaian dasar penguat transistor kelas A dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.10 Rangkaian Penguat Kelas A

Rumus :  $I_{C\ sat} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$   $V_{CE\ cutoff} = V_{CC}$  ..... (6)

$I_B = \frac{V_B}{R_B}$  .....(7)

$V_B = \frac{V_{CC} \cdot R_2}{R_1 + R_2}$  .....(8)

$R_B = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$  .....(9)

1.1 Karakteristik penguat transistor kelas A diantaranya :

- a. Penguat transistor ini mempunyai titik kerja efektif setengah tegangan  $V_{CC}$  (terletak di tengah-tengah).
- b. Agar rangkaian siap bekerja menerima sinyal input, maka penguat ini memerlukan bias awal.
- c. Penguat kelas A adalah penguat dengan efisiensi terendah tetapi memiliki cacat sinyal (distorsi) terkecil.



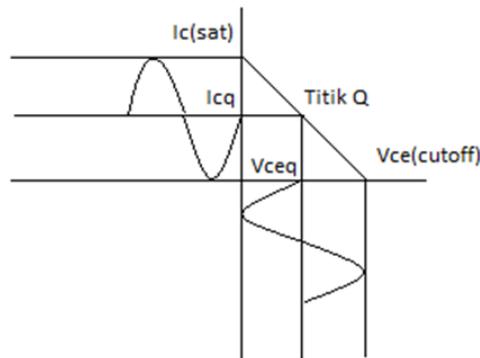
- d. Untuk mendapatkan titik kerja transistor tepat setengah tegangan  $V_{cc}$ , maka harus dilakukan sedikit perhitungan melalui pembagi tegangan yang terdiri dari dua buah resistor.
- e. Karena memiliki distorsi kecil, maka penguat kelas A dapat digunakan sebagai penguat awal sebuah sistem (Pre Amp).

## 1.2 Sifat-Sifat Penguat Daya Kelas A

### 1. Dirangkai Secara *Common Emitter*.

Penguat kelas A merupakan rangkaian dasar dari *Common Emitter* (CE) transistor. Penguat tipe kelas A dibuat dengan mengatur arus bias yang sesuai di titik tertentu yang ada pada garis bebannya. Sedemikian rupa sehingga titik Q ini berada tepat di tengah garis beban kurva VCE-IC dari rangkaian penguat tersebut dan sebut saja titik ini titik A.

Apabila sebuah transistor mempunyai titik kerja Q di dekat tengah-tengah garis beban DC, suatu sinyal AC yang kecil mengakibatkan transistor bekerja di daerah yang aktif dalam seluruh siklusnya. Apabila sinyal membesar, transistor terus bekerja di daerah aktif selama waktu mencapai puncak-puncaknya sepanjang garis beban titik jenuh dan titik pancung (*cut-off*) tidak terpotong. Untuk membedakan cara operasi ini dari jenis-jenis lainnya, operasi tersebut disebut dari kelas A. Pada gambar 2.10 titik Q diambil ditengah atau dipusat garis beban AC, dari sini kita mendapatkan sinus output yang tak tergantung dengan kemungkinan yang terbesar.



Gambar 2.11 Garis beban CE kelas A

Dalam merancang penguat daya kelas A, titik kerja Q harus berada ditengah-tengah garis beban, maka dapat diperoleh dengan langkah-langakh berikut. Untuk garis beban DC.

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{(R_C + R_E)} \dots\dots\dots (10)$$

$$V_{CE(cutoff)} = V_{CC} \dots\dots\dots (11)$$

$$I_{CQ} = \frac{(V_B - V_{BE})}{R_E} \dots\dots\dots (12)$$

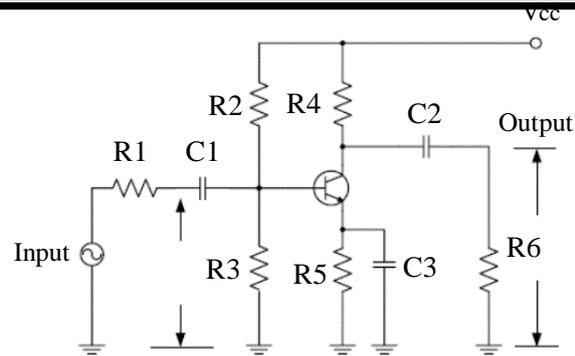
$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_C \cdot (R_C + R_E) \dots\dots\dots (13)$$

Ada beberapa sifat-sifat penguat kelas A yang dijelas oleh Albert Paul Malvino, Ph. D. dalam bukunya yang berjudul Prinsip-Prinsip Elektronika Jilid I antara lain sebagai berikut :

1. Bati Tegangan dengan Beban

Pada Rangkaian penguat Kelas A pada gambar 2.10, tegangan AC  $V_{in}$  menggerakkan basis, menghasilkan tegangan keluar ac  $V_{out}$ . Bati tegangan tanpa beban adalah sebagai berikut,

$$A = -\frac{R_C}{r_e} \dots\dots\dots (14)$$



Gambar 2.12 Rangkaian Ekivalen Penguat Kelas A

Karena resistansi melewati Kaki kolektor Transistor maka Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$r_c = R_C // R_L \dots\dots\dots (14)$$

Sehingga dapat dihitung *bati* tegangan terhadap beban dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_v = - \frac{r_c}{r'_c} \dots\dots\dots (15)$$

Dimana :

$r'_c$  = Resistansi emiter ac

$r_c$  = Resistansi kolektor ac

$R_C$  = Resistansi kolektor dc

$A$  = Bati Tegangan tanpa beban

$R_L$  = Resistansi beban

$A_v$  = Bati tegangan dengan beban

2. Bati Arus

Pada gambar 2.10, bati arus sebuah transistor adalah perbandingan arus kolektor ac terhadap arus basis ac. Persamaannya adalah sebagai berikut :



$$A_i = \frac{i_c}{i_b} \dots \dots \dots (16)$$

Dimana :

$A_i$  = *Bati* arus

$i_c$  = Arus kolektor ac

$i_b$  = Arus basis ac

### 3. *Bati* Daya

Pada Gambar 2.10, daya masuk AC pada basis adalah  $P_{in} = V_{in} I_b$  Daya keluar ac dari kolektor adalah  $P_{out} = -V_{out} I_c$ . Tanda minus (-) diperlukan karena adanya pembalikan fasa. Perbandingan  $P_{out}/P_{in}$  disebut sebagai *bati* daya dan ditulis dengan  $A_p$ . dengan mengambil perbandingan tersebut, didapatkan:

$$A_p = \frac{P_{out}}{P_{in}} = - \frac{V_{out} i_c}{V_{in} i_b} \dots \dots \dots (17)$$

Karena  $A_v = V_{out} / V_{in}$  dan  $A_i = i_c / i_b$ , maka :  $A_p = - A_v A_i$

Dimana :

$P_{in}$  = Daya input AC

$V_{in}$  = Tegangan melintas pada resistansi emiter

$I_b$  = Arus basis AC

$I_c$  = Arus kolektor AC

$v_{out}$  = Tegangan keluar

$P_{out}$  = Daya output AC

$A_p$  = *Bati* daya

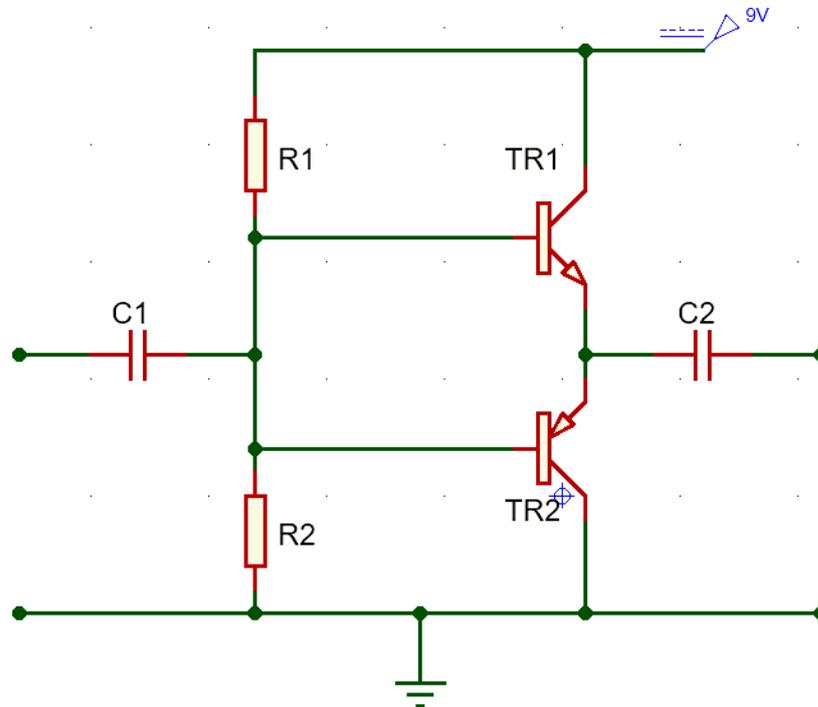
$A_v$  = *Bati* tegangan

$A_i$  = *Bati* arus

### 2. Penguat Kelas B

Penguat kelas B adalah penguat transistor yang titik kerjanya berhimpit dengan VCE. Penguat kelas B dapat dirangkai dengan sepasang transistor

NPN dan PNP yang komplemen. Rangkaian dasar penguat kelas B sederhana dan grafik titik kerja rangkaian penguat kelas B dapat dilihat pada gambar penguat berikut :



Gambar 2.13 Rangkaian Penguat B

$$I_B = \frac{V_{CC}}{R_B} \dots\dots\dots(1)$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \dots\dots\dots(2)$$

$$I_C = \beta \cdot I_B \dots\dots\dots(3)$$

$$V_{CE_{cutoff}} = V_{out} = \frac{1}{2} V_{CC} \dots\dots\dots(4)$$

2.1 Karakteristik Rangkaian Penguat Kelas B diantaranya :

1. Titik kerja penguat kelas B berada dititik Cut-Off transistor dan bekerja berdasarkan tegangan bias dari sinyal input yang masuk.
2. Penguat kelas B akan berada dalam kondisi OFF jika tidak ada signal input.



3. Oleh karena itu maka penguat kelas B ini mempunyai efisiensi tinggi tetapi tidak dapat bekerja jika tegangan input kurang dari 0,7 Volt.
4. Hal inilah yang menyebabkan signal cacat (distorsi).
5. Karena bekerja pada level tegangan yang relatif tinggi (diatas 1 Volt), maka penguat kelas B cocok dipakai pada penguat akhir audio.
6. Penguat kelas B ini dalam aplikasinya menggunakan sistem konfigurasi push-pull yang dibangun oleh dua transistor.

## 2.2 Keuntungan Penggunaan Rangkaian Penguat Daya kelas B

Jika rangkaian penguat daya kelas B ini tidak diberi bias apapun, setiap transistornya berada dalam keadaan *cutoff* jika tidak ada sinyal masukan. Ini adalah sebuah keuntungan karena tidak ada arus yang terkuras ketika sinyal sama dengan 0.

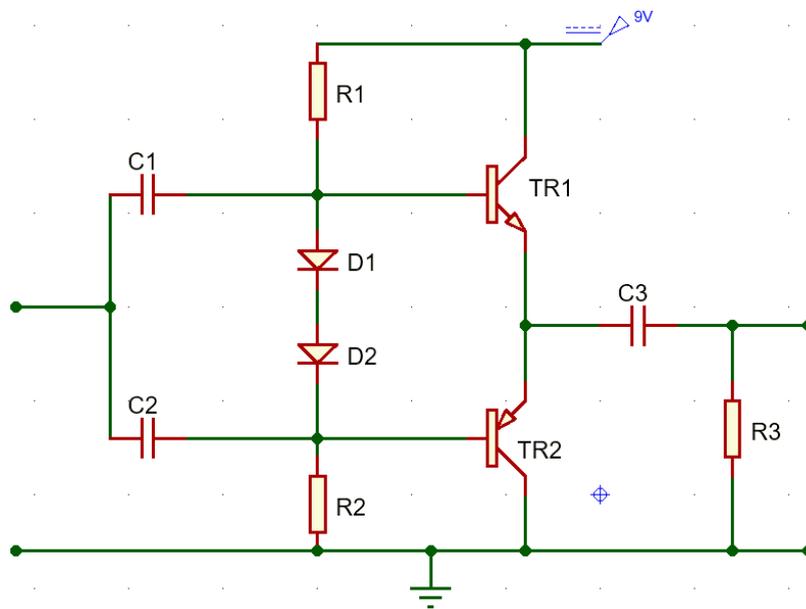
Keuntungan lainnya adalah peningkatan dalam efisiensi dimana jika ada sinyal masukan. Efisiensi maksimum dari rangkaian penguat daya kelas B adalah 78,5%, maka kelas B biasanya digunakan sebagai tahapan output dari pada amplifier kelas A.

## 3. Penguat Kelas AB

Power Amplifier Kelas AB ini di buat bertujuan untuk membentuk penguat sinyal yang tidak cacat (*distortion*) dari penguat kelas A dan untuk mendapatkan efisiensi daya yang lebih baik seperti pada amplifier kelas B. Karena amplifier kelas A memiliki efisiensi daya yang rendah ( $\pm 25\%$ ) yang disebabkan titik kerja berada di  $1/2 V_{CC}$  tetapi memiliki kualitas sinyal yang terbaik. Sedangkan amplifier kelas B memiliki efisiensi daya yang baik ( $\pm 85\%$ ) karena titik kerja mendekati  $V_{CC}$  tetapi kualitas suara yang kurang baik. Sehingga dibuat amplifier kelas AB yang memiliki efisiensi daya penguatan sinyal ( $\pm 60\%$ ) dengan kualitas sinyal audio yang baik.

Penguat audio yang banyak ada di pasaran pada umumnya adalah penguat kelas AB. Untuk memberi prategangan pada basis emitor tidak harus dengan dioda bisa juga dengan resistor atau transistor asalkan bisa memberi tegangan untuk mengaktifkan dioda di basis emitor. Dioda digunakan untuk menghindari kenaikan temperature dan membuat tegangan bias pada dioda emitor. Untuk itu, dibutuhkan dioda dengan kurva VBE-nya mirip dengan kurva VBE transistor. Dengan menggunakan diode juga akan mengurangi *crossover distortion*.

Rangkaian penguat kelas AB adalah penguat transistor yang titik kerja terletak antara Q1 dan Q2. Rangkaian dasar penguat kelas AB dapat dibuat sama dengan penguat kelas B, hanya nilai RB1 dan RB2 yang berbeda. Rangkaian dasar penguat kelas AB dan grafik titik kerja penguat kelas AB dapat dilihat pada gambar berikut :



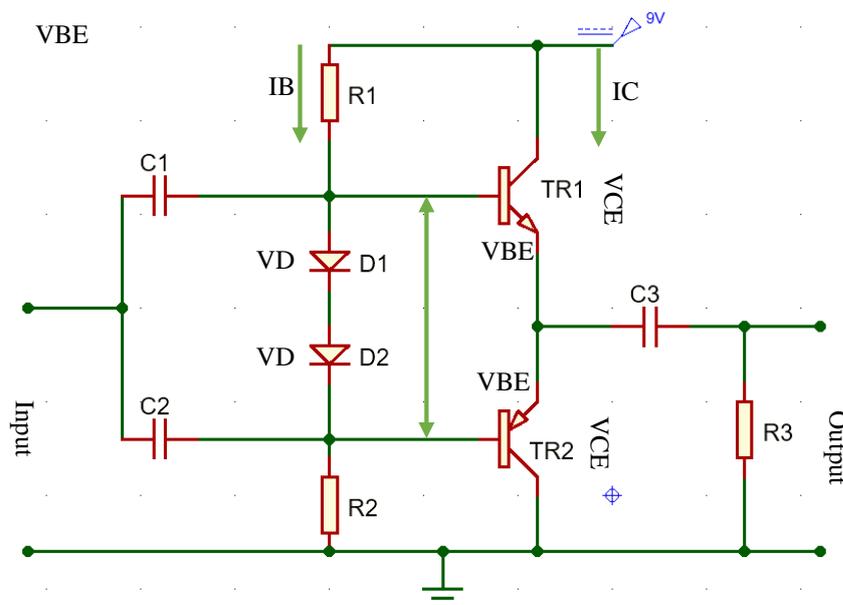
Gambar 2.14 Rangkaian Penguat AB

### 3.1 Karakteristik Penguat Daya Kelas AB

1. Phus-pull / Transistor bekerja bergantian antara Q1 (NPN) dan Q2 (PNP).
2. Panas yang dihasilkan tidak terlalu besar.
3. Efisiensi lebih besar (50% s/d 75%).

4. Tidak terjadi cacat silang(crossover).
5. Fidelitas Tinggi.
6. Terjadi penggemukan sinyal pada kedua transistornya aktifnya pada saat transisi (gumming).
7. Tegangan Power supply +, - dan Ground

Gambar Rangkaian Ekuivalen DC untuk menganalisa rangkaian penguat pushpull kelas AB adalah sebagai berikut :



Gambar 2.15 Rangkaian Ekuivalen DC Penguat kelas AB

Dari gambar 2.15 di atas kedua transistor dipasang secara seri, dengan demikian arus yang mengalir ( $I_c$ ) besarnya sama. Karena transistor NPN dan PNP yang digunakan memiliki sifat yang sama pula sehingga tegangan  $V_{CE}$  transistor juga sama dimana besarnya nilai tegangan  $V_{CE}$  adalah setengah dari tegangan sumber. Penjabarannya sebagai berikut :

$$2 V_{ce} = V_{cc} \dots\dots\dots(1)$$

$$V_{ce} = \frac{V_{cc}}{2} \dots\dots\dots(2)$$

$$V_{ceQ} = \frac{V_{cc}}{2} \dots\dots\dots(3)$$



Dari rangkaian di atas arus  $I_1$  mengalir melewati  $R_1$  dan terbagi menjadi  $I_{D1}$  dan  $I_{B1}$ .  $I_{D1}$  mengalir melalui dioda dan  $I_{B1}$  mengalir ke dalam basis transistor. Ingat bahwa kurva transkonduktansi transistor adalah sebuah grafik dari  $I_c$  terhadap  $V_{BE}$ , jika kurva arus-tegangan dari dioda identik dengan kurva transkonduktansi, maka arus dioda sama dengan arus kolektor ( $I_{D1} = I_c$ ). Ini benar karena  $V_{BE}$  pada diode seperti  $V_{BE}$  pada diode emitor transistor ( $V_D = V_B$ ). Dengan menggunakan *hukum Kirchoff* untuk arus terhadap titik simpul X kita dapatkan  $I_1 = I_{D1} + I_{B1}$  atau  $I_1 = I_c + I_{B1}$ , namun karena arus basis lebih kecil dari pada arus kolektor maka  $I_1 = I_c$ . Dengan demikian dapat dijabarkan Sebagai Berikut :

$$2V_{ce} - V_{r1} - V_{d1} - V_{d2} - V_{r2} = 0 \dots\dots\dots(4)$$

$$2V_{ce} - 2V_r - 2V_d = 0 \dots\dots\dots(5)$$

Karena  $2V_{CE} = V_{CC}$  maka :

$$V_{cc} - 2V_r - 2V_d = 0 \dots\dots\dots(6)$$

$$V_{cc} - 2I_c \cdot R - 2V_{be} = 0 \dots\dots\dots(7)$$

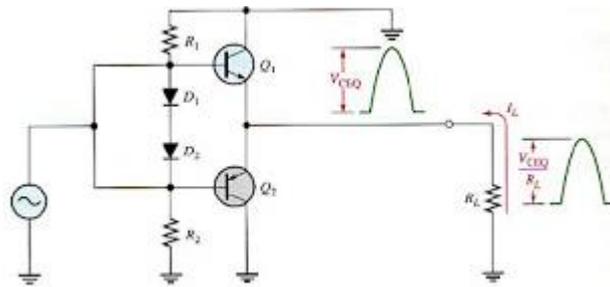
$$V_{cc} - 2V_{be} = 2I_c \cdot R \dots\dots\dots(8)$$

$$\frac{(V_{cc} - 2V_{be})}{2R} = I_c \dots\dots\dots(9)$$

$$I_{cQ} = \frac{V_{CC} - 2V_{be}}{2R} \dots\dots\dots(10)$$

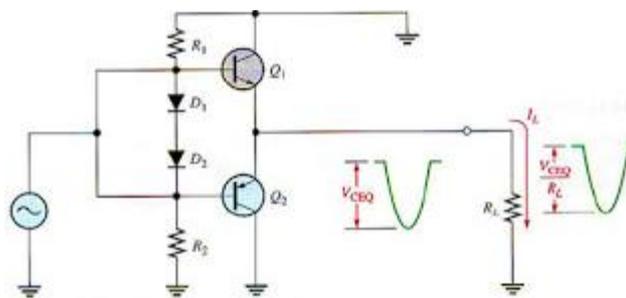
### 3.2 Cara Kerja Penguat Daya Kelas AB

Pada rangkaian ekivalen AC berikut ini selama setengah perioda positif dari tegangan sumber, dioda emitor dinyalakan (*turn on*) dan titik operasi berayun dari  $Q$  yang bernilai  $V_{CC}/2$  ke  $V_{CC}$ , jadi sinyal tegangan puncak positif sama dengan  $V_{CEQ}$ . Selama setengah perioda negatif dari sumber tegangan, dioda emitor dibias balik dan tidak ada arus yang mengalir. Inilah sebabnya tegangan pada  $RL$  adalah sinyal setengah gelombang.



Gambar 2.18 Sinyal Output Saat Transistor NPN Bekerja

Kemudian pada rangkaian dibawah ini kita misalkan dioda emitor dibias dekat titik sumbat (*cut off*). Selama setengah siklus positif dari tegangan sumber AC, dioda emitor dibias balik dan tidak ada arus kolektor yang mengalir. Tetapi pada setengah siklus negatif dari tegangan sumber dioda emitor dibias maju. Karenanya titik operasi berayun dari Q ke penjenuhan. Karena arus  $I_L$  mengalir melalui  $R_L$  dan tegangan  $R_L$  adalah negatif terhadap tanah (*ground*). Inilah sebabnya tegangan output pada gambar tersebut hanya terdiri dari setengah – setengah siklus negatif saja.



Gambar 2.19 Sinyal Output Saat Transistor PNP Bekerja

Untuk mendapatkan rangkaian *balance*, kita gabungkan dua pengikut emitor, transistor NPN memelihara setengah siklus positif dari tegangan sumber sedangkan transistor PNP menangani setengah siklus negatif. Pada cara ini tegangan output berupa gelombang sinus lengkap. Penyusunan *balance (push pull)* ini satu transistor konduksi selama setengah siklus positif dan transistor lainnya selama setengah siklus negatif. Jika digabungkan maka kerja rangkaian adalah melengkapi tiap setengah siklus



yaitu arus dan tegangan dari setengah siklus sama dan berlawanan dengan setengah siklus lainnya. Hal ini menyederhanakan analisa rangkaian AC dari rangkaian *pushpull* ini maka kita hanya perlu menganalisa kerja dari setengah siklus saja.

Untuk mengatasi *cross-over* pada penguat adalah dengan menggeser sedikit titik Q pada garis beban dari titik B ke titik AB. Ini tujuannya tidak lain adalah agar pada saat transisi sinyal dari fase positif ke fase negatif dan sebaliknya, terjadi *overlap* diantara transistor Q1 dan Q2. Pada saat itu, transistor Q1 masih aktif sementara transistor Q2 mulai aktif dan demikian juga pada fasa baliknya. Penguat kelas AB merupakan kompromi antara efisiensi (sekitar 50% - 75%) dengan mempertahankan fidelitas sinyal keluaran.

Ada beberapa teknik yang sering di pakai untuk menggeser titik Q sedikit di atas daerah *cut-off*. Salah satu contohnya adalah memberi tegangan jepit antara basis transistor Q1 dan Q2 dengan resistor namun cara ini menyebabkan penggemukan sinyal (*gumming*). Untuk menghindari masalah *gumming* maka di buatlah teknik yang hanya mengaktifkan salah satu transistor saja pada saat transisi. Caranya adalah dengan membuat salah satu transistornya bekerja pada kelas AB dan satu lainnya bekerja pada kelas B. Teknik ini bisa dengan memberi bias konstan pada salah satu transistornya yang bekerja pada kelas AB (biasanya selalu yang PNP). Caranya dengan menggajal basis transistor tersebut menggunakan deretan dioda atau susunan satu transistor aktif.

Maka kadang penguat seperti ini disebut juga dengan penguat kelas AB plus B atau bisa saja diklaim sebagai kelas AB saja atau kelas B karena dasarnya adalah *Power Amplifier* kelas B. Penyebutan ini tergantung dari bagaimana produk *amplifier* anda mau diiklankan. Karena penguat kelas AB terlanjur memiliki konotasi lebih baik dari kelas A dan B. Namun yang penting adalah dengan teknik-teknik ini tujuan untuk mendapatkan efisiensi dan fidelitas yang lebih baik dapat terpenuhi.



## 2.2 Pengertian Alat Ukur Elektronika

Alat ukur elektronik merupakan perkakas/alat yang digunakan untuk mengukur besaran-besaran listrik seperti hambatan listrik (R), kuat arus listrik (I), beda potensial listrik (V), daya listrik (P), dan lainnya. Terdapat dua jenis alat ukur yaitu alat ukur analog dan alat ukur digital. alat ukur elektronika memiliki beberapa jenis yang mana setiap alat ukur memiliki karakteristik tersendiri dalam proses pengukuran yang di lakukan.

### 2.2.1 Multimeter

Multimeter adalah alat ukur yang dipakai untuk mengukur tegangan listrik, arus listrik, dan tahanan (*resistansi*). Itu adalah pengertian multimeter secara umum, sedangkan pada perkembangannya multimeter masih bisa digunakan untuk beberapa fungsi seperti mengukur temperatur, induktansi, frekuensi, dan sebagainya. Ada juga orang yang menyebut multimeter dengan sebutan AVO meter, mungkin maksudnya A (*ampere*), V(volt), dan O(ohm). Multimeter dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu multimeter analog dan digital.

Dalam dunia elektronika ada berbagai macam besaran dan satuan yang digunakan. Hal tersebut dapat diukur menggunakan Macam-macam alat ukur elektronika. Berikut adalah macam – macam alat ukur elektronika :

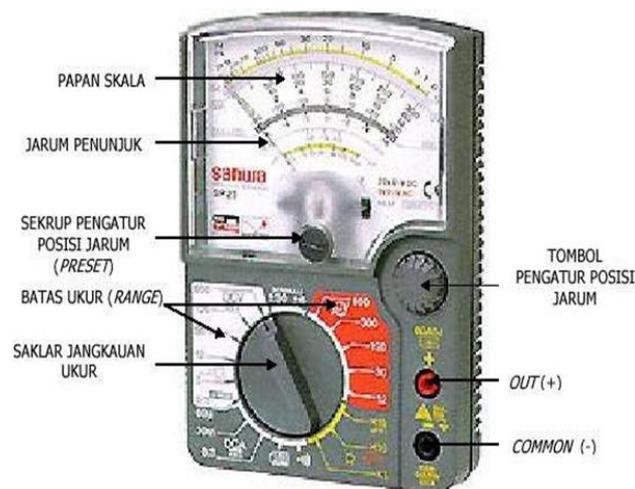
#### 1. Multimeter Analog

Multimeter Analog atau Multimeter Jarum adalah alat pengukur besaran listrik yang menggunakan tampilan dengan jarum yang bergerak ke range-range yang kita ukur dengan probe. Analog tidak digunakan untuk mengukur secara detail suatu besaran nilai komponen tetapi kebanyakan hanya di gunakan untuk baik atau jeleknya komponen pada waktu pengukuran atau juga di gunakan untuk memeriksa suatu rangkaian apakah sudah tersambung dengan baik sesuai dengan rangkaian blok yang ada.

#### 1.2 Bagian-bagian Multimeter Analog

##### a. Sekrup pengatur kedudukan jarum penunjuk

- b. Tombol pengatur jarum penunjuk pada kedudukan zero
- c. Saklar pemilih
- d. Lubang kutub
- e. Saklar pemilih polaritas
- f. Kotak meter
- g. Jarum penunjuk meter
- h. Skala



Gambar 2.20 Bagian-bagian Multimeter Analog

## 2. Multimeter Digital

Multimeter digital atau sering juga disebut sebagai digital multimeter sama merupakan jenis multimeter yang telah menggunakan display digital sebagai penampil hasil ukurnya. Hasil ukur yang ditampilkan pada multimeter digital merupakan hasil yang telah sesuai, sehingga tidak perlu perhitungan antara hasil ukur dan batas ukur. Multimeter Digital menggunakan peraga bilangan digital dan besaran ukur berdasarkan tegangan yang dikonversi ke sinyal digital.

### 2.1 Bagian-bagian Multimeter Analog

- a. Display Digital
- b. Saklar pemilih

- c. Lubang kutub
- d. Saklar pemilih polaritas
- e. Kotak meter
- f. Skala



Gambar 2.21 Bagian-bagian Multimeter Digital

## 2.2.2 Fungsi Multimeter

Fungsi ukur yang dimiliki setiap multimeter ada beberapa macam tergantung tipe dan merk multimeter. Akan tetapi pada umumnya setiap multimeter / multimeter memiliki 3 fungsi ukur utama yaitu sebagai alat ukur arus, tegangan dan resistansi. Berikut adalah beberapa fungsi ukur yang ada pada multimeter.

### 1. Ampere Meter

Ampere meter adalah salah satu fungsi ukur pada multimeter yang berfungsi untuk mengukur arus listrik. Pada multimeter pada umumnya terdiri dari 2 jenis ampere meter yaitu ampere meter DC dan ampere meter AC. Pada multimeter analog dan digital pada fungsi ampere meter ini saklar selektor berfungsi sebagai batas ukur maksimum, oleh karena itu arus yang



akan diukur harus diprediksikan dibawah batas ukur multimeter yang digunakan. Hal ini bertujuan untuk menghindari kerusakan pada multimeter.

## 2. Volt Meter

Volt meter merupakan fungsi ukur untuk mengetahui level tegangan listrik. Sama halnya dengan fungsi multimeter sebagai ampere meter. Pada fungsi volt meter ini saklar selektor yang ada pada multimeter baik digital maupun analog berfungsi sebagaibatas ukur maksimum, oleh karenaitu harus diprediksikan level tegangan yang akan diukur harus dibawah nilai batas ukur yang dipilih.

## 3. Ohm Meter

Ohm meter merupakan salah satu fungsi multimeter yang berfungsi untuk mengetahui nilai resistansi suatu resistor atau komponen elektronika yang memiliki unsur resistansi. Pada fungsi ohm meter ini untuk multimeter analog saklar selektor berfungsi sebagai multiplier sedangkan pada multimeter digital saklar selektor berfungsi sebagai bats ukur maksimum suatu resistansi yang dapat dihitung oleh multimeter tersebut.

## 2.3 Rangkaian Pengatur Arah Putaran Motor DC Dengan Menggunakan 4 Buah Transistor Bipolar

### 2.3.1 Dasar Teori Motor DC



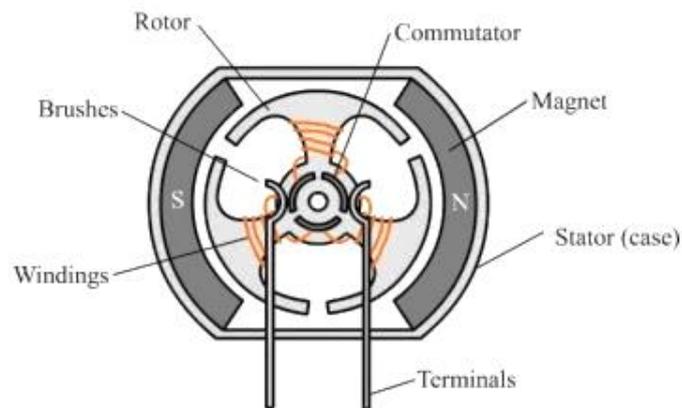
Gambar 2.22 Motor DC

Motor DC adalah Komponen yang digerakkan oleh energi listrik arus searah. Salah satu jenis motor DC adalah motor DC magnet permanen. Motor DC tipe ini

banyak ditemui penggunaannya baik di industri maupun di rumah tangga. Pada umumnya, penggunaan motor DC jenis ini adalah untuk sumber – sumber tenaga yang kecil, seperti pada rumah tangga dan otomotif.

Sebuah motor DC magnet permanen biasanya tersusun atas magnet permanen, kumparan jangkar, dan sikat (*brush*). Medan magnet yang besarnya konstan dihasilkan oleh magnet permanen, sedangkan komutator dan sikat berfungsi untuk menyalurkan arus listrik dari sumber di luar motor ke dalam kumparan jangkar.

### 2.3.2 Bagian-Bagian Motor Dc



Gambar 2.23 Bagian-Bagian Motor Dc

Komponen-komponen yang terdapat pada motor DC yaitu :

1. Kutub Medan

Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan *bearing* pada ruang di antara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan di antara kutub – kutub dari utara menuju selatan.

2. Rotor

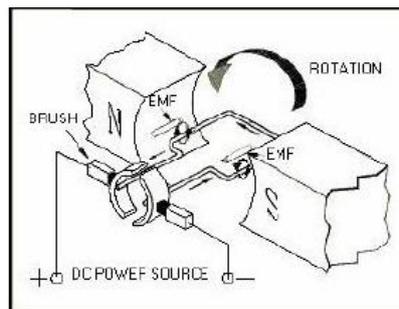
Bila arus masuk menuju kumparan jangkar, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Rotor yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban.

3. Komutator

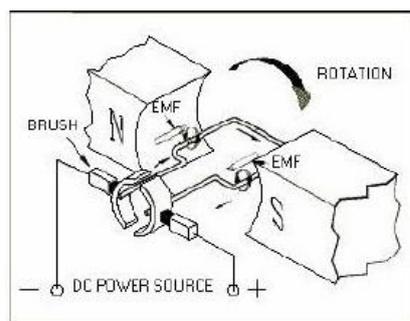
Komponen ini terdapat pada motor DC dan berfungsi untuk membalikkan arah arus listrik dalam kumparan jangkar. Komutator juga membantu dalam transmisi arus antara kumparan jangkar dan saluran daya.

**2.3.3 Pengaturan Arah dan Kecepatan Putaran Motor DC dengan 4 buah Transistor Bipolar**

Dalam aplikasinya seringkali sebuah motor digunakan untuk arah yang searah dengan jarum jam maupun sebaliknya. Untuk mengubah putaran dari sebuah motor dapat dilakukan dengan mengubah arah arus yang mengalir melalui motor tersebut. Secara sederhana seperti yang ada pada gambar 1, hal ini dapat dilakukan hanya dengan mengubah polaritas tegangan motor.



(a) Motor berputar berlawanan arah jarum

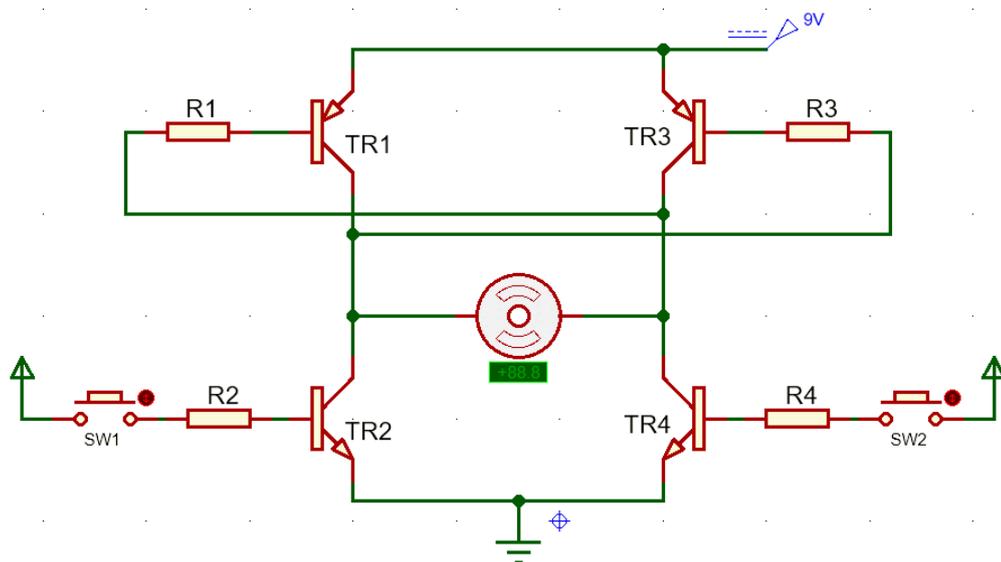


(b) Motor berputar berlawanan arah jarum

Gambar 2.24 Skema Arah Putaran Motor DC

Skema rangkaian pengatur kecepatan motor DC pada gambar di bawah memakai transistor & potensiometer sebagai komponen utama dari pengontrol kecepatan motor DC. Skema rangkaian pengatur kecepatan motor DC tersebut benar-benar simpel & gampang untuk dimengerti. Prinsip pengaturan kecepatan motor DC memakai skema rangkaian kontrol kecepatan motor DC pada gambar di bawah yaitu dgn mengontrol tegangan/voltage supply ke motor DC.

Skema rangkaian pengatur kecepatan motor DC tersebut terbagi dalam 2 buah transistor, suatu potensiometer & dua buah dioda. Transistor di skema rangkaian pengatur kecepatan putaran motor DC dirangkai dengan cara darlington untuk memaksimalkan supply arus & tegangan/voltage ke motor DC. Skema rangkaian pengatur kecepatan putaran motor DC tersebut adalah driver motor DC jenis emitor follower. Skema rangkaian lengkap dari pengatur kecepatan motor DC tersebut bisa di lihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.25 Rangkaian Pengatur arah putaran motor DC dengan 4 buah Transistor Bipolar

Skema rangkaian pengatur arah Putaran motor DC di atas memakai prinsip pengaturan bias tegangan/voltage supply motor DC. Skema rangkaian pengatur kecepatan motor DC di atas bakal mengatur arah putaran motor DC lewat switch atau saklat yang berperan untuk memberikan tegangan/voltage bias basis transistor dengan tipe Q1= BD139 yang setelah itu dikonfigurasi dengan cara darlington



dengan transistor dengan tipe Q2= BD140 hingga transistor dengan tipe Q2 itu On sesuai tegangan/voltage bias yang di dapatkan dari switch pada saat terhubung dan motor DC memperoleh supply tegangan/voltage lewat transistor Q2. Makin besar tegangan/voltage bias basis yg diberikan lewat Power supply maka makin besar pula arus dan tegangan/voltage yang dialirkan ke motor DC lewat Q2, hingga makin cepat juga kecepatan putaran motor DC tersebut. Di skema rangkaian pengatur arah putaran dan keceparan motor DC.

Rumus yang digunakan untuk rangkaian ini adalah sebagai berikut :

$$I_C = Hfe \cdot I_B \dots \dots \dots (1)$$

$$I_B = \frac{I_C}{Hfe} \dots \dots \dots (2)$$

$$I_E = I_B + I_C \dots \dots \dots (3)$$

$$V_E = I_E \cdot R_E \dots \dots \dots (4)$$

$$V_C = I_C \cdot R_C \dots \dots \dots (5)$$

$$V_{CC} = V_C + V_{CE} + V_E \dots \dots \dots (6)$$

Dimana :

$I_C$  = Arus Kolektor

$I_B$  = Arus Basis

$I_E$  = Arus Emitor

$V_E$  = Tegangan Emitor

$V_C$  = Tegangan Kolektor

$V_{CC}$  = Tegangan Sumber

## **2.4 Rangkaian Pengatur Kecepatan Putaran Motor DC Dengan Menggunakan 4 Buah Transistor Mosfet**

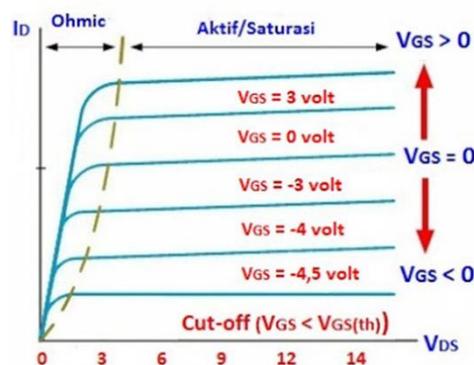
### **2.4.1 Pengertian Transistor Mosfet**

MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) adalah suatu transistor dari bahan semikonduktor (*Silikon*) dengan tingkat konsentrasi

ketidakmurnian tertentu. Tingkat dari ketidakmurnian ini akan menentukan jenis transistor tersebut, yaitu transistor MOSFET tipe-N (NMOS) dan transistor MOSFET tipe-P (PMOS). Bahan *silicon* digunakan sebagai landasan (*Substrat*) dari penguras (*Drain*), sumber (*Source*), dan gerbang (*Gate*). Selanjutnya transistor dibuat sedemikian rupa agar antara *substrat* dan gerbangnya dibatasi oleh *oksida silicon* yang sangat tipis. *Oksida* ini diendapkan di atas sisi kiri dari kanal, sehingga transistor MOSFET akan mempunyai kelebihan dibanding dengan transistor BJT (*Bipolar Junction Transistor*), yaitu menghasilkan disipasi daya yang rendah.

#### 2.4.2 Karakteristik Daerah Kerja Transistor MOSFET

MOSFET memiliki karakter dasar yang menjadikannya memiliki performa yang lebih baik daripada bipolar transistor (BJT) dan *junction field effect* transistor (JFET). Seorang engineer harus mengetahui dan memahami dengan baik karakter-karakter MOSFET sebelum menggunakannya dalam pembangunan suatu sistem elektronika. Berikut penulis sajikan karakter dasar MOSFET berdasar application notes AN9010 yang ditulis oleh K.S. Oh (Oh,2000) untuk Fairchild Semiconductor.



Gambar 2.26 Grafik Karakteristik daerah Transistor MOSFET

Dengan karakteristik seperti dapat dilihat dalam kurva drain diatas, maka dapat lihat bahwa muncul beberapa daerah kerja dari MOSFET. Daerah-daerah tersebut adalah sebagai berikut:

##### A. Daerah *Ohmic*

Daerah ini disebut juga daerah resistansi konstan. Daerah ini berada di sebelah kiri garis batas (threshold)  $V_{GS} - V_{GS(th)} = V_{DS}$ .

B. Daerah *Saturasi* (jenuh)

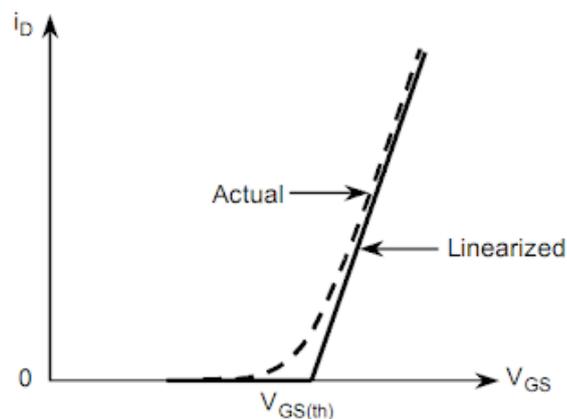
Daerah ini juga disebut dengan daerah arus konstan. Daerah ini berada di sebelah kanan garis batas (threshold)  $V_{GS} - V_{GS(th)} = V_{DS}$  dan diatas daerah aktif.

C. Daerah *Cut-off* (putus)

Daerah ini terletak dibawah  $V_{GS1}$ . Disebut daerah cut-off, karena pada daerah ini nilai tegangan gate-source lebih kecil tegangan gate-source batas/threshold ( $V_{GS} < V_{GS(th)}$ ).

**2.4.3 Karakteristik Transfer MOSFET**

Dibawah ini disajikan gambar kurva karatersistik transfer MOSFET yang menampilkan karakteristik arus drain ( $I_D$ ) terhadap tegangan gate-source ( $V_{GS}$ ) pada daerah aktif.



Gambar 2.27 Kurva Karakteristik Transfer Transistor MOSFET

Persamaan nilai  $I_D$  terhadap  $V_{GS}$  adalah sebagai berikut :

$$I_D = k \cdot [V_{GS} - V_{GS(th)}]^2 \dots\dots\dots(1)$$

Jika  $V_{GS} = V_T$

Maka rumus yang digunakan ialah sebagai berikut :



$$I_D = \frac{K}{2} (V_{GS} - V_T)^2 \dots \dots \dots (2)$$

Dengan nilai konstanta K MOSFET adalah menurut persamaan :

Arus yang mengalir pada  $R_P$  dan  $R_S$ , Menghasilkan tegangan cerat-sumber dengan rumus seperti dibawah ini :

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_P + R_S) \dots \dots \dots (5)$$

$$V_S = I_P \cdot R_S \dots \dots \dots (6)$$

Sedangkan rumus untuk tegangan yang melintasi resistansi sumber adalah sebagai berikut :

$V_G = 0$  (karena arus yang melewati sangat kecil oleh karena itu dikatakan 0)

$$V_{GS} = V_G - V_S = 0 - I_P \cdot R_S \dots \dots \dots (7)$$

$$V_{GS} = -I_P \cdot R_S \dots \dots \dots (8)$$

$$V_T = V_{T0} + \gamma (\sqrt{-2\phi_f + V_{BS}} - \sqrt{2\phi_f}) \dots \dots \dots (9)$$

Dimana :

$V_{DS}$  = Tegangan antara Drain dan Source.

$V_{GS}$  = Tegangan antara Gate dan Source.

$V_G$  = Tegangan Gate.

$V_T$  = Tegangan Ambang

$R_S$  = Tahanan Source.

$V_T$  = tegangan ambang (V)

$V_{T0}$  = tegangan ambang untuk  $V_{SB} = 0$  (V)

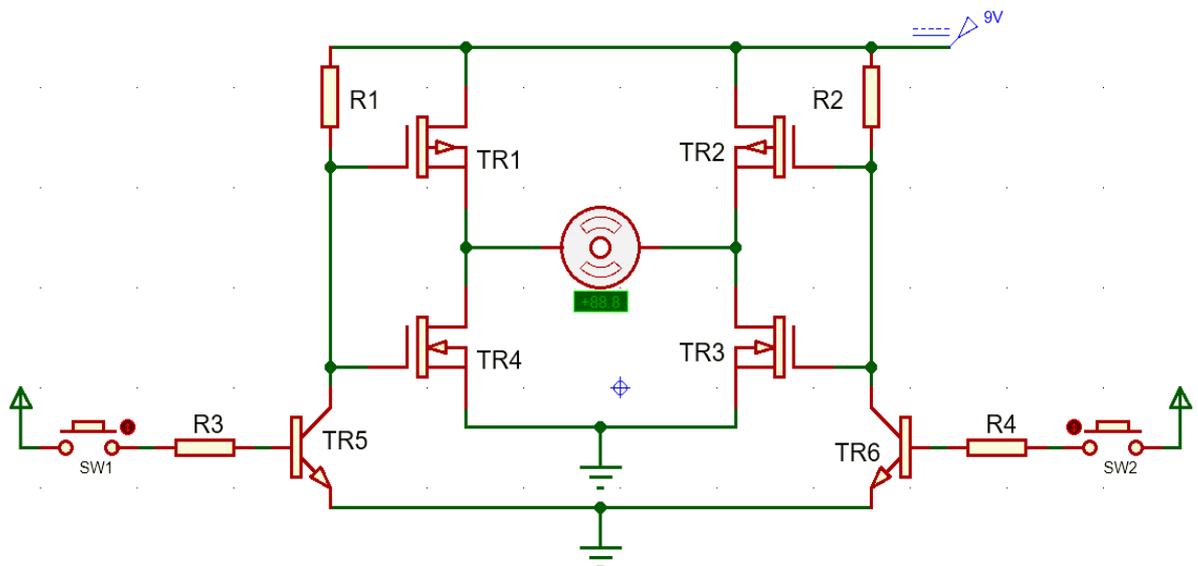
$\gamma$  = efek bias body (V<sup>1/2</sup>)

$V_{SB}$  = tegangan *source-body* (*bulk*)

$\phi_f$  = potensial fermi (V).

#### 2.4.4 Rangkaian Pengatur Kecepatan Putaran Motor DC Dengan Menggunakan 4 Buah Transistor Mosfet

Agar perubahan polaritas tegangan motor dapat dilakukan dengan mudah, maka hal ini dilakukan dengan menggunakan dua buah saklar seperti pada Gambar 2.34 di mana kedua saklar tersebut harus berada pada posisi yang saling berlawanan. Apabila S1 berada di posisi kiri (terhubung dengan positif) maka S2 harus berada di posisi kanan (terhubung dengan negatif) dan demikian pula sebaliknya dengan perubahan yang serempak.



Gambar 2.28 Rangkaian Pengatur kecepatan dan arah Putaran Motor DC dengan 4 buah Transistor Mosfet

Pada gambar 2.28 MOSFET yang digunakan dalam pembangunan driver motor DCMP H-bridge adalah tipe *Enhancement*-MOSFET (E-MOSFET). IRF540 merupakan E-MOSFET kanal-N dan IRF9540 merupakan E-MOSFET kanal-P. Tipe MOSFET sangat berpengaruh pada aktif atau tidak-aktifnya saat kaki *gate* (G) dan kaki *source* (S) diberi tegangan catu daya. Ketika transistor dalam kondisi ON maka kondisi MOSFET aktif atau terdapat arus yang mengalir pada kanal MOSFET dari kaki *drain* (D) ke kaki *source* (S),  $V_{DS} > 0$ . Sedangkan kondisi OFF adalah kondisi MOSFET tidak-aktif atau tidak terdapat arus yang mengalir pada kanal MOSFET dari kaki *drain* (D) ke kaki *source* (S),  $V_{DS} = 0$ .



## **2.5 Rangkaian Penguat Tegangan Bertingkat RC dengan Menggunakan Transistor Bipolar**

Penguat Bertingkat digunakan untuk meningkatkan kinerja rangkaian analog. Pemanfaatan bertingkat adalah metode umum yang dapat digunakan dalam aplikasi transistor maupun tabung vakum. Bertingkat tiga barang digunakan dalam sebuah artikel yang dapat ditulis oleh Roger Wayne Hickman dan Frederick Vinton Hunt pada tahun 1939.

Penguat bertingkat mencakup dua tahap seperti tahap CE (*common-emitor*) dan tahap CB (*common-base*) di mana CE dimasukkan ke dalam CB. Seperti yang kita bandingkan dengan satu tahap penguat, kombinasi dari ini dapat memiliki karakteristik yang berbeda seperti isolasi input / output tinggi, impedansi input daya tinggi, impedansi output daya tinggi dan *bandwidth* tinggi. Di arus rangkaian, penguat ini dapat sering digunakan dengan menggunakan dua transistor yaitu BJT dan FET. Di sini satu transistor bekerja seperti CE atau *common source* sedangkan yang lain bekerja seperti CB atau *common gate*. Penguat ini meningkatkan *isolasi* input daya seperti tidak ada kopling langsung dari output daya ke input daya yang mengurangi efek gilingan & karenanya memasok *bandwidth* tinggi.

Tujuan utama dari penguat bertingkat adalah untuk mendapatkan penguatan daya yang besar tanpa terjadi kecacatan pada outputnya. Susunan penguat bertingkat dapat berupa hubungan antara masing-masing susunan penguat satu dengan yang lain, misalnya CB dengan CE; CE dengan CC; CE dengan CE dan sebagainya disesuaikan tujuan dari penguat.

### **2.5.1 Prinsip Kerja dari Rangkaian Penguat Bertingkat RC**

Metode RC coupling menggunakan konfigurasi rangkaian RC untuk menghubungkan output penguat dengan input penguat berikutnya. Pada rangkaian diatas metode RC coupling ditunjukkan oleh konfigurasi R1, C1 dan R2. Fungsi R1 sebagai beban untuk penguat pertama. C1 berfungsi untuk menahan tegangan DC dari penguat pertama dan untuk melewatkan sinyal AC dari penguat pertama ke

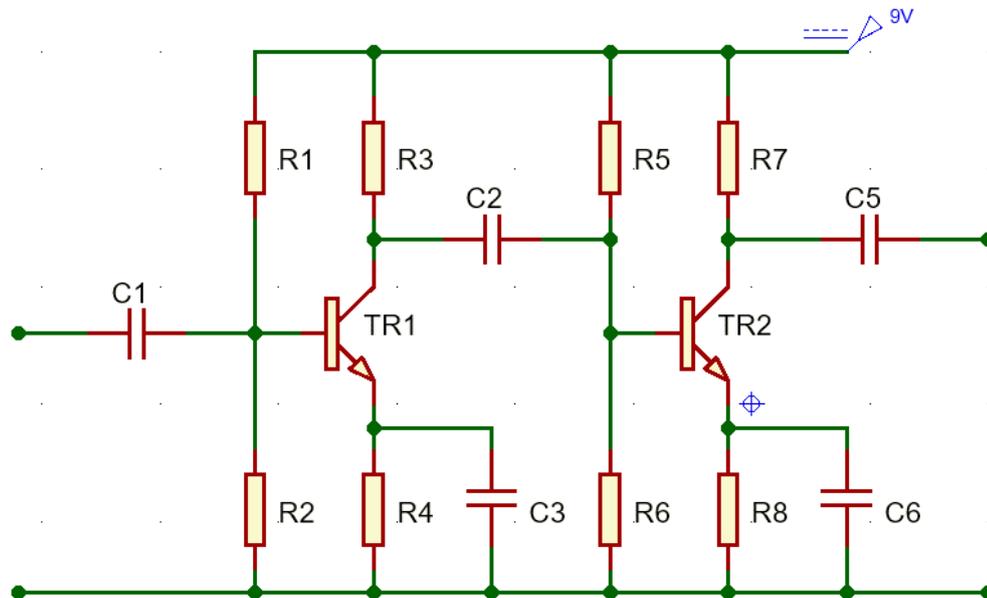


penguat berikutnya.  $R_2$  berfungsi sebagai penentu impedansi input pada penguat kedua. Konfigurasi ini dapat mengisolasi bias tegangan DC antar penguat sehingga tidak saling mempengaruhi. Metode RC coupling ini merupakan solusi dari masalah yang timbul dari direct coupling. metode RC coupling ini perlu diperhatikan penentuan nilai C yang digunakan karena nilai reaktansi akan mempengaruhi faktor pelemahan sinyal dan distorsi sinyal bila tidak tepat nilainya.

### **1.5.2 Karakteristik Rangkaian Penguat Bertingkat RC**

Dalam suatu kaskade penguat-penguat, tegangan sinyal keluaran dari tingkat berikutnya dengan satu rangkaian, yang dinamakan rangkaian penggandeng (kopling). Rangkaian ini menggandeng sinyal AC dari keluaran tingkat pertama kemasukan dari tingkat berikutnya dan tidak menggandengkan tegangan DC dari tingkat pertama dengan masukan pada tingkat berikutnya. Untuk penguatan tegangan frekuensi audio, gandengan antar tingkat ini dilaksanakan oleh suatu rangkaian RC atau dengan suatu transformator (trafo).

Suatu penguat bertingkat yang gandengan antar tingkatnya diberikan oleh suatu rangkaian RC dinamakan penguat gandeng RC. Suatu penguat transistor ragam CE di gandeng RC dua tingkat. Susunan kaskade dari tingkat transistor-emiter umum (CE) dapat dilihat gambar berikut:



Gambar 2.29 Rangkaian Penguat Tegangan Bertingkat RC dengan Menggunakan Transistor Bipolar

Perubahan perolehan penguat menurut frekuensi dinamakan karakteristik tanggapan frekuensi dari penguat. Untuk penguat gandengan RC karakteristiknya dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

1. Batas frekuensi dimana perolehan penguat kira-kira tetap dan dinamakan daerah frekuensi tengah.
2. Daerah frekuensi, dibawah batas frekuensi tengah, dimana perolehan turun dengan berkurangnya frekuensi dan dinamakan daerah frekuensi rendah.
3. Batas frekuensi, diatas batas frekuensi tengah, dimana perolehan turun dengan naiknya frekuensi dan dinamakan daerah frekuensi tinggi dari penguat.

Dalam karakteristik tanggapan dari penguat dapat didefinisikan dua frekuensi, yang dinamakan frekuensi-frekuensi setengah daya. Dinamakan demikian karena perolehan daya dari penguat pada frekuensi ini sama dengan setengah harga frekuensi tengah.



### 1.5.3 Rumus Menghitung Tegangan Pada Rangkaian Penguat Bertingkat RC

Untuk mendapatkan penguatan yang besar dari sebuah penguat bertingkat salah satu syarat adalah faktor keseimbangan (matching) impedansi antara penguat pertama dengan penguat selanjutnya yaitu besar impedansi output penguat pertama ( $Z_{o1}$ ) harus sama dengan besar impedansi input penguat kedua ( $Z_{i2}$ ) atau selanjutnya.

$$A_p = A_i \quad A_v = (A_i)^2 r_o / (r_{o1} / h_{ie2}) \quad \text{bila } r_{o1} / h_{ie1} = r_i \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$A_p = (A_i)^2 (r_o / r_i) \quad \dots\dots\dots(2)$$

Untuk mendapatkan keseimbangan impedansi maka antara penguat pertama dan penguat selanjutnya dipasang penghubung (coupling).

Untuk mencari  $h_{ie1}$

$$V_{B1} = R_2 V_{cc} / (R_2 + R_1) \dots\dots\dots(1)$$

$$V_{E1} = V_{B1} - V_{BE1} \quad \text{tegangan } V_{BE} \text{ untuk Si } 0,7 \text{ V ; Ge } = 0,3 \text{ V} \dots\dots\dots(2)$$

$$I_{E1} = V_{E1} / R_{E1} \dots\dots\dots(3)$$

$$h_{ie1} = (26 \text{ mV } h_{fe1}) / I_{E1} \dots\dots\dots(4)$$

Untuk menentukan  $h_{ie2}$

$$V_{cc} = I_{B2} R_{B2} + V_{BE2} + I_{E2} R_{E2} \dots\dots\dots(1)$$

$$= (I_{E2} / h_{fe2}) R_{B2} + V_{BE2} + I_{E2} R_{E2} \dots\dots\dots(2)$$

$$= I_{E2} \{ (R_{B2} / h_{fe2}) + R_{E2} \} + V_{BE2} \dots\dots\dots(3)$$

$$I_{E2} = (V_{cc} - V_{BE2}) / (R_{B2} / h_{fe2}) + R_{E2} \dots\dots\dots(4)$$

$$h_{ie2} = (h_{fe2} 26 \text{ mV}) / I_{E2} \dots\dots\dots(5)$$

## 2.6 Pengertian Power Supply

Power Supply atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Catu Daya adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. Pada dasarnya Power Supply atau Catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi



listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya. Oleh karena itu, Power Supply kadang-kadang disebut juga dengan istilah Electric Power Converter.

### **2.6.1 Klasifikasi Umum Power Supply**

Pada umumnya Power Supply dapat diklasifikasikan menjadi 3 kelompok besar, yakni berdasarkan Fungsinya, berdasarkan Bentuk Mekanikalnya dan juga berdasarkan Metode Konversinya. Berikut ini merupakan penjelasan singkat mengenai ketiga kelompok tersebut :

#### **1. Power Supply Berdasarkan Fungsi (Functional)**

Berdasarkan fungsinya, Power supply dapat dibedakan menjadi Regulated Power Supply, Unregulated Power Supply dan Adjustable Power Supply.

- Regulated Power Supply adalah Power Supply yang dapat menjaga kestabilan tegangan dan arus listrik meskipun terdapat perubahan atau variasi pada beban atau sumber listrik (Tegangan dan Arus Input).
- Unregulated Power Supply adalah Power Supply tegangan ataupun arus listriknya dapat berubah ketika beban berubah atau sumber listriknya mengalami perubahan.
- Adjustable Power Supply adalah Power Supply yang tegangan atau Arusnya dapat diatur sesuai kebutuhan dengan menggunakan Knob Mekanik. Terdapat 2 jenis Adjustable Power Supply yaitu Regulated Adjustable Power Supply dan Unregulated Adjustable Power Supply.

#### **2. Power Supply Berdasarkan Bentuknya**

Untuk peralatan Elektronika seperti Televisi, Monitor Komputer, Komputer Desktop maupun DVD Player, Power Supply biasanya ditempatkan di dalam atau menyatu ke dalam perangkat-perangkat tersebut sehingga kita sebagai konsumen tidak dapat melihatnya secara langsung. Jadi hanya sebuah kabel listrik yang dapat kita lihat dari luar. Power Supply ini disebut dengan Power Supply Internal (Built in).



### 3. Power Supply Berdasarkan Metode Konversinya

Berdasarkan Metode Konversinya, Power supply dapat dibedakan menjadi Power Supply Linier yang mengkonversi tegangan listrik secara langsung dari Inputnya dan Power Supply Switching yang harus mengkonversi tegangan input ke pulsa AC atau DC terlebih dahulu.

#### 2.6.2 Jenis-jenis Power Supply

Selain pengklasifikasian diatas, Power Supply juga dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah DC Power Supply, AC Power Supply, Switch Mode Power Supply, Programmable Power Supply, Uninterruptible Power Supply, High Voltage Power Supply. Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai jenis-jenis Power Supply.

##### 1. DC Power Supply

DC Power Supply adalah pencatu daya yang menyediakan tegangan maupun arus listrik dalam bentuk DC (Direct Current) dan memiliki Polaritas yang tetap yaitu Positif dan Negatif untuk bebannya. Terdapat 2 jenis DC Supply yaitu :

##### 2. AC Power Supply

AC Power Supply adalah Power Supply yang mengubah suatu taraf tegangan AC ke taraf tegangan lainnya. Contohnya AC Power Supply yang menurunkan tegangan AC 220V ke 110V untuk peralatan yang membutuhkan tegangan 110VAC. Atau sebaliknya dari tegangan AC 110V ke 220V.

##### 3. *Switch-Mode Power Supply*

Switch-Mode Power Supply (SMPS) adalah jenis Power Supply yang langsung menyearahkan (rectify) dan menyaring (filter) tegangan Input AC untuk mendapatkan tegangan DC. Tegangan DC tersebut kemudian di-switch ON dan OFF pada frekuensi tinggi dengan sirkuit frekuensi tinggi sehingga menghasilkan arus AC yang dapat melewati Transformator Frekuensi Tinggi.