

# MODUL 1 DIODA: KARAKTERISTIK DAN APLIKASI



Ahmad Aziz (13220034)

Asisten: Diaz Zaid Abdurrahman (13219028)

Tanggal Percobaan: 15/09/2022

EL3109 - Praktikum Elektronika II

Laboratorium Dasar Teknik Elektro - Sekolah Teknik Elektro dan Informatika ITB

## Abstrak

Abstrak Percobaan yang dilakukan pada modul 1 Penguat Diferensial dilakukan untuk mengamati perilaku penguat diferensial pada pasangan diferensial dengan transistor bipolar. Diamati juga hasil penguatan pada penguat diferensial secara differential mode dan common mode dengan berbagai konfigurasi.

Kata kunci: Penguat, *common-mode*, *differential-mode*, transistor.

## 1. PENDAHULUAN

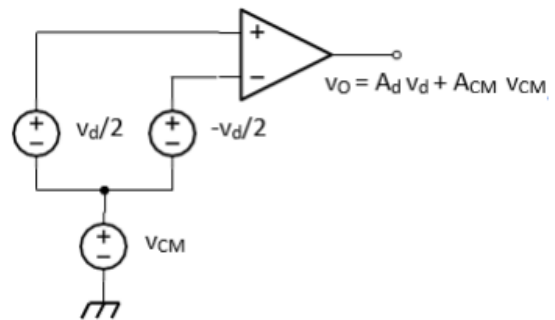
Pada praktikum percobaan modul 1 ini, dilakukan tiga percobaan penguat diferensial, yaitu penguat diferensial dengan bias resistor, penguat diferensial dengan cermin arus, dan penguat pasangan diferensial dengan bias cermin arus dan beban aktif. Tujuan dari percobaan pada modul 1 ini adalah sebagai berikut:

1. Mengamati perilaku pasangan diferensial dengan transistor bipolar dengan berbagai konfigurasi.
2. Mengukur, dan menganalisa penguatan differential-mode dan common-mode pada tahap penguat diferensial dengan berbagai konfigurasi.

## 2. STUDI PUSTAKA

### 2.1 KONSEP DAN CARA KERJA PENGUAT DIFERENSIAL

Penguat diferensial adalah penguat yang memiliki dua input dan memperkuat selisih tegangan pada kedua input tersebut. Pada keadaan ideal pada penguat diferensial sinyal interferensi yang berupa sinyal yang sama (*common signal*) yang masuk pada kedua input akan dihilangkan pada proses penguatan karena hanya selisih tegangan yang diperkuat. Namun demikian pada implementasinya penguat diferensial juga memberikan output yang berasal dari sinyal bersama tersebut. Hubungan input dan output pada penguat diferensial tampak pada gambar berikut:



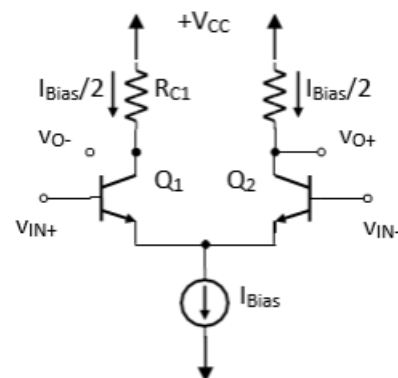
Pada penguat seperti ini diinginkan penguat dengan penguatan diferensial yang besar dan penguat common mode nol atau sangat kecil. Dengan demikian penguat ini dapat digunakan untuk memperkuat sinyal kecil yang muncul bersamaan dengan sinyal interferensi yang besar.

Besaran perbandingan penguatan diferensial  $A_d$  dan penguatan common mode  $A_{cm}$  disebut sebagai CMMR *Common Mode Rejection Ratio*, sebagai berikut:

$$CMMR = 20 \log \left| \frac{A_d}{A_{cm}} \right|$$

### 2.2 RANGKAIAN DASAR PENGUAT DIFERENSIAL

Rangkaian dasar penguat diferensial terdiri dari rangkaian pasangan transistor dengan emitor bersama, bias arus, dan rangkaian beban seperti tampak pada gambar berikut.



Penguat diferensial diberikan dua input berbeda pada terminal basis  $Q_1$  dan basis  $Q_2$  dengan tegangan masing-masing  $v_{IN+}$  dan  $v_{IN-}$  atau selisih tegangan sebesar  $v_{id}$  dan nilai rata-rata  $v_{cm}$ .

Output penguat diferensial dapat diambil pada salah satu terminal kolektor saja  $v_{o+}$  atau  $v_{o-}$  atau selisih tegangan kedua kolektor  $v_{od}$ .

Penguat diferensial tersebut akan memberikan penguatan diferensial sebagai berikut:

$$A_d \equiv \frac{v_{od}}{v_{id}} = g_m R_C$$

dimana  $R_C$  resistansi di terminal kolektor, dan  $g_m$  transkonduktansi transistor pada arus bias yang diberikan. Penguatan diferensial ini sebanding dengan arus bias pada transistornya.

Sinyal output common-mode juga dapat diambil pada salah satu terminal kolektor saja atau selisih tegangan kedua terminal kolektor. Penguatan common mode untuk output tegangan salah satu terminal kolektor dan penguatan common mode untuk output diferensial secara berurutan adalah sebagai berikut.

$$A_{cm} \equiv \frac{v_{c1}}{v_{cm}} = \frac{\alpha R_C}{2R_{EE} + r_e}$$

$$A_{cm} \equiv \frac{v_{ocm}}{v_{cm}} = \frac{\alpha \Delta R_C}{2R_{EE} + r_e}$$

dimana  $R_{EE}$  adalah resistansi sumber arus bias yang digunakan,  $\alpha$  penguatan arus kolektor dari arus emitor,  $r_e$  adalah parameter resistansi emitor transistor pada sinyal kecil. Penguat common Percobaan 1: Penguat Diferensial 3 mode dapat ditekan dengan menggunakan resistansi sumber arus yang besar. Untuk rangkaian dengan bias sumber arus resistor hal ini dapat dilakukan dengan memperbesar nilai resistansi biasnya. Namun demikian untuk menjaga penguatan diferensialnya maka perlu digunakan juga tegangan bias yang lebih tinggi agar arus bias-nya tetap.

### 2.3 PENGUAT DIFERENSIAL DENGAN RESISTOR DEGENERASI PADA EMITOR

Penguat diferensial di atas mempunyai jangkauan penguatan linier yang sangat kecil (jauh di bawah  $V_T$ ). Untuk memperoleh penguat diferensial dengan jangkauan penguatan linier yang lebih besar digunakan resistansi degenerasi emitor  $R_e$ . Pada rangkaian demikian diperoleh penguatan diferensial

$$A_d = \frac{2\alpha R_C}{2(r_e + R_e)}$$

Penambahan resistor  $R_e$  ini mengurangi penguatan diferensialnya. Pada penguat seperti ini penguatan common modenya adalah sebagai berikut

$$A_{cm} = \frac{\alpha \Delta R_C}{2R_{EE} + R_e + r_e}$$

Tampak dari persamaan terakhir penambahan resistansi degenerasi emitor juga akan memperbaiki CMRR atau menekan penguatan common mode.

### 2.4 PENGUAT DIFERENSIAL DENGAN BIAS CERMIN ARUS DAN BEBAN AKTIF

Peningkatan resistansi rangkaian sumber arus bias dapat dilakukan dengan menggantikan resistor dengan sebuah cermin arus. Dalam keadaan demikian resistansi sumber arus adalah resistansi output transistor cermin arus tersebut.

Resistansi kolektor pada pasangan diferensial dapat juga digantikan dengan beban aktif berupa cermin arus. Sinyal output untuk pasangan diferensial seperti ini diambil pada salah satu terminal kolektor pasangan diferensialnya. Untuk rangkaian yang demikian akan diperoleh penguatan diferensial

$$A_d = \frac{1}{2} g_m r_o$$

Dimana  $g_m$  adalah transkonduktansi sinyal kecil transistor pasangan diferensial dan  $r_o$  adalah resistansi output transistor beban aktif. Penguatan yang diperoleh akan sangat besar mengingat umumnya resistansi output  $r_o$  juga sangat besar.

Penguatan common mode untuk rangkaian dengan beban aktif ini akan mendekati:

$$A_{cm} = -\frac{r_{o4}}{\beta_3 R_{EE}}$$

dimana  $r_{o4}$  adalah resistansi output transistor beban pada terminal output,  $\beta_3$  adalah penguatan arus transistor beban pasangannya, dan  $R_{EE}$  resistansi output sumber arus bias.

### 2.5 NONIDEALITAS PADA PENGUAT DIFERENSIAL

Penguat diferensial ideal bila pasangan diferensial yang digunakan seluruh parameter sepenuhnya sama. Namun pada kenyataannya akan sangat diperoleh komponen yang demikian. Pada kasus rangkaian diferensial dengan beban resistor akan ada offset tegangan input VOS penguat diferensial sebesar:

$$V_{OS} = V_T \frac{\Delta R_C}{R_C}$$

Demikian juga dengan transistor yang digunakan, bila arus saturasinya tidak persis sama maka akan diperoleh tegangan offset sebesar:

$$V_{OS} = V_T \frac{\Delta I_S}{I_S}$$

Selain itu perbedaan penguatan arus  $\beta$  juga akan memberikan arus offset input  $I_{OS}$  sebesar:

$$I_{OS} = I_B \frac{\Delta \beta}{\beta}$$

### 3. METODOLOGI

Dalam percobaan pada modul ini, ada beberapa peralatan yang digunakan yaitu sebagai berikut:

1. DC power supply
2. Kit percobaan
3. Osiloskop
4. Generator sinyal
5. Kabel BNC
6. Kabel Jumper
7. Multimeter Digital

Langkah umum dalam melakukan percobaan pada modul ini adalah sebagai berikut:

1. Lakukan kalibrasi pada osiloskop yang akan digunakan.
2. Persiapkan power supply atau generator sinyal yang akan digunakan.
3. Pastikan output power supply dalam keadaan mati sebelum rangkaian selesai dibuat.
4. Setting output power supply atau generator sinyal sesuai dengan rangkaian yang akan dibuat.
5. Siapkan kabel jumper dan kit yang akan digunakan pada percobaan.
6. Buatlah rangkaian pada kit sesuai dengan percobaan yang akan dilakukan dengan cara menghubungkan setiap komponen pada kit dengan menggunakan kabel jumper.
7. Setting alat ukur dengan tepat dan skala pengukuran yang sesuai.
8. Setelah rangkaian selesai, hidupkan output power supply dan sinyal generator.
9. Amati hasil pengukuran kemudian catat data yang diamati.

### 4. HASIL DAN ANALISIS

#### 4.1 PASANGAN DIFERENSIAL DENGAN BIAS RESISTOR

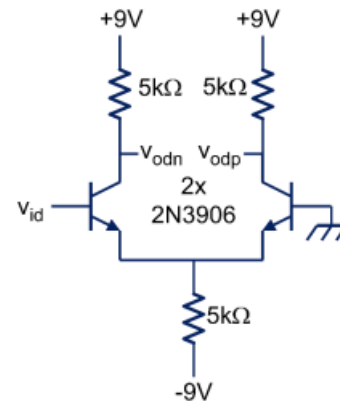
Penguat diferensial dengan bias resistor, pada percobaan ini resistor yang digunakan divariasikan dengan nilai 5k dan 8,6k Ohm untuk mengetahui pengaruh perubahan resistansi dan tegangan bias

negatif yang ada pada rangkaian penguat diferensial.

Berikut ini adalah tabel data hasil pengukuran dan pengamatan pada percobaan penguat diferensial dengan bias resistor.

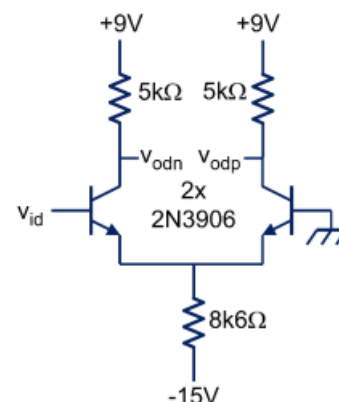
Resistor	Arus Bias	Tegangan Vpp
5k	0,54	2,16
8,6k	1,02	1,36
3g		

Berikut adalah rangkaian penguat diferensial pada percobaan 1 dengan resistansi bias 5k Ohm yang digunakan:



Pada percobaan dengan resistansi bias 5k Ohm dan tegangan bias negatif sebesar -9 Volt, didapatkan tegangan Vpp untuk single ended sebesar 2,16 Volt dengan arus bias sebesar 0,54 Amper.

Pada percobaan yang sama dengan variasi resistansi bias sebesar 8,6k dan tegangan bias negatif sebesar -15 Volt seperti pada rangkaian berikut:



Tegangan Vpp single ended terukur adalah sebesar 1,36 Volt dengan arus bias 1,02 Amper.

Pada hasil pengukuran tersebut terjadi peningkatan arus bias yang sangat signifikan dengan pada variasi kedua arus biasnya mencapai hampir dua kali lipat dari arus bias sebelumnya.

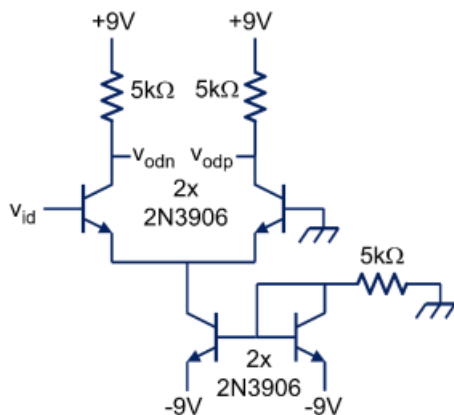
Padahal, seharusnya arus bias pada kedua rangkaian tersebut bernilai sama meskipun resistansi bias dan tegangan negatif ditingkatkan. Hal ini diduga terjadi karena error yang tidak diketahui pada osiloskop dan generator sinyal pada saat percobaan seperti yang dijelaskan pada masalah yang dialami selama praktikum di dalam BCL praktikan.

#### 4.2 PASANGAN DIFERENSIAL DENGAN BIAS CERMIN ARUS

Percobaan ini hampir serupa dengan percobaan sebelumnya namun pada percobaan ini biasanya yang sebelumnya menggunakan resistor diubah jadi menggunakan cermin arus sebagai rangkaian sumber arus.

Transistor yang digunakan masih sama dengan sebelumnya yaitu transistor 2N3906 untuk masing-masing penguat dan juga cermin arusnya.

Berikut ini adalah rangkaian percobaan penguat diferensial dengan cermin arus yang diamati pada percobaan ini:



Hasil pengukuran arus DC pada rangkaian ini yang didapat untuk masing-masing transistor penguat dan transistor rangkaian sumber arus ditampilkan pada tabel berikut ini:

TRANS TR	Arus mA
Q <sub>1</sub>	0,63
Q <sub>2</sub>	0,62
Q <sub>3</sub>	0,54
Q <sub>4</sub>	0,54

Dapat dilihat besaran arus DC terukur untuk masing-masing pasangan transistor baik penguat maupun transistor cermin arus memiliki nilai yang hampir sama besarnya. Dimana untuk transistor sumber arus memiliki nilai sebesar 0,54 mili amper.

Sedangkan, besaran arus DC untuk transistor penguat terdapat perbedaan kecil sebesar 0,01 mili amper. Perbedaan ini masih dianggap wajar disebabkan noise atau perbedaan karakteristik pasangan transistor atau tidak idealnya alat dan rangkaian percobaan dan dapat diabaikan sehingga dapat terbilang sama nilai arus DC untuk pasangan transistor ini sama.

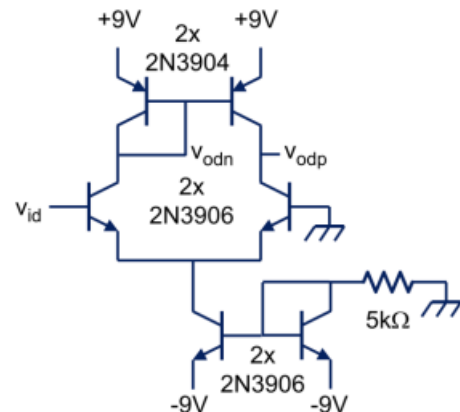
Untuk pengukuran output, didapatkan pada konfigurasi pengukuran single ended nilai tegangan yang didapatkan adalah 3,8 Vpp sedangkan pada konfigurasi diferensial didapatkan tegangan outputnya adalah 4,76 Vpp.

#### 4.3 PASANGAN DIFERENSIAL DENGAN BIAS CERMIN ARUS DAN BEBAN AKTIF

Pada percobaan ini dilakukan pengamatan pada rangkaian penguat diferensial dengan bias cermin arus namun dengan beban aktif pada output rangkaian.

Transistor yang digunakan masih sama dengan percobaan sebelumnya yaitu transistor 2N3906 dan 2N3904. Nilai resistansi beban yang digunakan adalah sebesar 5k Ohm.

Berikut ini adalah gambar rangkaian percobaan yang diamati pada percobaan ini:



Didapatkan data arus DC untuk masing masing transistor pada rangkaian sebagai berikut:

Tr	Arus(mA)
Q <sub>1</sub>	0,59
Q <sub>2</sub>	0,53
Q <sub>3</sub>	0,24
Q <sub>4</sub>	0,52
Q <sub>5</sub>	0,62
Q <sub>6</sub>	0,63

Hasil pengukuran output penguat single ended didapatkan tegangan 8,6 Vpp.

## 5. KESIMPULAN

- Arus pada transistor pasangan diferensial memiliki nilai yang sama.
- Besarnya resistansi bias tidak berpengaruh pada arus  $I_E$  (meskipun hasil pengamatan pada percobaan ini tidak didapat hasil demikian).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hutabarat, Mervin T., *Petunjuk Praktikum Elektronika II*, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2022.
- [2] Adel S. Sedra dan Kennet C. Smith, *Microelectronic Circuit*, Rinehart and Winston, New York, 1982.