



# JURNAL SUTET

Volume 7 - Nomor 2

Juni - Desember 2017

ISSN : 2356-1505

PENGARUH RUGI-RUGI SALURAN PADA JARINGAN TRANSMISI TEGANGAN MENENGAH  
PENYULANG E2 GARDU INDUK EMBALUT TENGGARONG

*Juara Mangapul Tambunan; DjokoSusanto; Rima Isyana Restuwangi*

*FIRE SENSING SYSTEM*

*Aas Wasri Hasanah; Rinna Hariyati; Oktaria Handayani*

PERANCANGAN RANGKAIAN PENGUAT DAYA DENGAN TRANSISTOR

*Tasdik Darmana; Tony Koerniawan*

STUDI PERAMALAN BEBAN RATA-RATA JANGKA PENDEK MENGGUNAKAN METODA  
AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARIMA)

*Adri Senen; Titi Ratnasari*

PERANCANGAN SISTEM KONTROL GLYCOL REGENERATION UNIT DENGAN DCS DeltaV  
DI ONSHORE GAS PLANT

*Muhamad Syahrudin; Rummi Santi Rama Sirait*

RANCANG BANGUN RUANG PINTAR MINIMALIS TENAGA SURYA DENGAN SISTEM KONTROL  
BERBASIS ARDUINO

*Dwi Anggraini; Miftahul Fikri; Hendrianto Husada*

PERANCANGAN KENDALI GARASI RUMAH BERBASIS WEB VIA WIRELESS LAN

*Akhmad Syahrani; Eka Purwa Laksono; Nifty Fath*

ANALISA PROTEKSI HILANG EKSITASI PADA GENERATOR SINKRON DI PLTGU MUARA TAWAR  
GT UNIT 1.3

*Ibnu Hajar; Usman Fadillah*



9 772356 150005

SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN (STT-PLN)

JURNAL SUTET

VOL. 7

NO. 2

HAL.69-132

JUNI - DESEMBER 2017

ISSN : 2356-1505

# PERANCANGAN RANGKAIAN PENGUAT DAYA DENGAN TRANSISTOR

Tasdik Darmana<sup>1)</sup>, Tony Koerniawan<sup>2)</sup>

Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik - PLN

<sup>1</sup>tdarmana@gmail.com

<sup>2</sup>tonykoerniawan84@gmail.com

**Abstract :** *The power amplifier circuit is a circuit used to amplify or magnify input signals. The use of a transistor as an amplifier is that the current on the base is used to control the larger current given to the collector through the transistor. The small current change on the controlling base is what is called a large change in the current flowing from the collector to the emitter. The advantages of the amplifier transistors can not only amplify the signal, but these transistors can also be used as current amplifiers, voltage amplifiers and power amplifiers.*

**Keywords:** *Transistor, power amplifier.*

**Abstrak :** *Rangkaian penguat daya merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk menguatkan atau memperbesar sinyal masukan. Penggunaan transistor sebagai penguat adalah arus pada basis digunakan untuk mengontrol arus yang lebih besar yang diberikan ke kolektor melewati transistor tersebut. Perubahan arus kecil pada basis yang mengontrol inilah yang dinamakan dengan perubahan besar pada arus yang mengalir dari kolektor ke emitter. Kelebihan dari transistor penguat tidak hanya dapat menguatkan sinyal, tetapi transistor ini juga bisa digunakan sebagai penguat arus, penguat tegangan dan penguat daya.*

**Kata Kunci :** *Transistor, penguat daya.*

## 1. PENDAHULUAN

Transistor adalah komponen semi konduktor yang berfungsi sebagai penguat, saklar (*switching*), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal. Transistor yang bekerja berdasarkan arus *inputnya* disebut transistor jenis *Bipolar Junction Transistor* (BJT) sedangkan yang bekerja berdasarkan tegangan inputnya, disebut transistor efek medan (FET).

Transistor sebagai penguat dibagi dalam beberapa kelas, tergantung dari posisi titik kerja transistor (titik Q) pada suatu grafik karakteristik transistor. Namun, penguat daya yang mempunyai efisiensi paling baik adalah jenis penguat daya kelas A, dimana titik kerja transistor berada ditengah tengah dari garis beban transistor. Untuk menempatkan titik kerja transistor tersebut, sangat ditentukan oleh nilai komponen pendukung, seperti nilai tahanan dan kapasitor di sekitar transistor tersebut.

Dalam penelitian ini, penulis mencoba melakukan desain penguat daya kelas A dengan menghitung besaran nilai komponen yang digunakan berdasarkan spesifikasi yang diinginkan dari sinyal *input*, tegangan *supply* dan tipe transistor yang digunakan.

## 2. LANDASAN TEORI

### Transistor

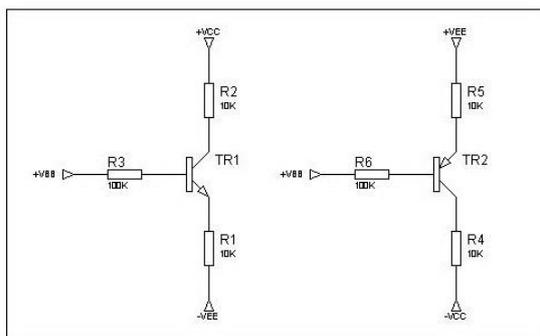
Transistor adalah komponen elektronika yang tersusun dari bahan semi konduktor yang memiliki 3 kaki yaitu : *basis* (B), *kolektor* (C) dan *emitor* (E). Berdasarkan susunan semikonduktor yang membentuknya, transistor dibedakan menjadi dua tipe, yaitu transistor PNP dan transistor NPN.

Untuk membedakan transistor PNP dan NPN dapat dari arah panah pada kaki *emitornya*. Pada transistor PNP anak panah mengarah ke dalam dan pada transistor NPN arah panahnya mengarah keluar.

## Bias Transistor

Untuk dapat bekerja, sebuah transistor membutuhkan tegangan bias pada basisnya. Kebutuhan tegangan bias ini berkisar antara 0.5 sampai 0.7 Volt tergantung jenis dan bahan semi konduktor yang digunakan.

Untuk transistor NPN, tegangan bias pada basis harus lebih positif dari *emitor*. Dan untuk transistor PNP, tegangan bias pada basis harus lebih negatif dari *emitor*. Semakin tinggi arus bias pada basis, maka transistor semakin jenuh (semakin ON) dan tegangan *kolektor-emitor* ( $V_{CE}$ ) semakin rendah.



**Gambar 1.** Rangkaian Pembiasan Transistor NPN dan PNP

Pada gambar terlihat bahwa TR1 adalah termasuk jenis NPN, jadi tegangan bias pada *basis* ( $V_{bb}$ ) harus lebih positif dari *emitor* ( $V_{ee}$ ). Untuk memudahkan maka  $V_{cc}$  ditulis dengan  $+V_{cc}$  dan  $V_{ee}$  ditulis dengan  $-V_{ee}$ . Dan TR2 adalah termasuk jenis PNP, jadi tegangan bias pada *basis* ( $V_{bb}$ ) harus lebih negatif dari *emitor* ( $V_{ee}$ ). Untuk memudahkan maka  $V_{cc}$  ditulis dengan  $-V_{cc}$  dan  $V_{ee}$  ditulis dengan  $+V_{ee}$ .

## Penguat Daya

Penguat daya (*power amplifier*) berfungsi untuk memperkuat atau memperbesar sinyal masukan. Di dalam bidang audio, penguat daya akan menguatkan sinyal suara sehingga *outputnya* akan menjadi sinyal yang lebih besar lagi.

Penguat daya terdiri dari beberapa jenis yang dapat diklasifikasikan berdasarkan letak titik kerja transistor (titik Q), yang dikenal dengan kelas *amplifier*, seperti kelas A, kelas AB, kelas B, kelas C

dan kelas D. Penguat kelas A merupakan kelas penguat yang desainnya paling sederhana dan paling umum digunakan. Kelas A merupakan penguat terbaik, karena memiliki tingkat distorsi sinyal yang rendah dan memiliki linieritas yang tertinggi dari semua kelas penguat lainnya. Letak titik kerja berada di tengah tengah kurva karakteristik.

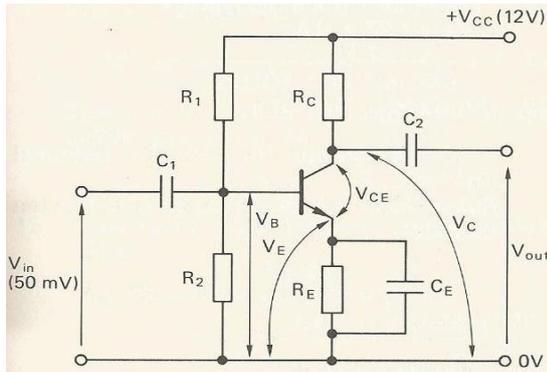
Penguat kelas B dibuat untuk mengatasi masalah efisiensi dan pemanasan yang berlebihan pada penguat kelas A. Letak titik kerja berada di ujung kurva karakteristik, sehingga hanya menguatkan setengah *input* gelombang. Penguat kelas AB adalah gabungan kelas A dan kelas B. Titik kerja penguat kelas AB berada di antara titik kerja kelas A dan B, sehingga penguat kelas AB dapat menghasilkan penguat sinyal yang tidak terdistorsi dan mendapatkan efisiensi yang lebih tinggi dari kelas B.

Penguat kelas C menguatkan sinyal *input* kurang dari setengah gelombang sehingga distorsi pada *outputnya* menjadi sangat tinggi. Penguat kelas C sering digunakan untuk aplikasi khusus pada pemancar frekuensi radio. Penguat kelas D menggunakan penguatan dalam bentuk pulsa, atau yang biasa disebut dengan teknik *Pulse Width Modulation* (PWM), dimana lebar pulsa akan proporsional terhadap amplitudo sinyal *input* yang pada tingkat akhirnya sinyal PWM akan menggerakkan transistor *switching ON* dan *OFF* sesuai lebar pulsanya.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Perencanaan Alat

Sebelum merancang rangkaian transistor sebagai penguat, maka terlebih dahulu mengetahui beberapa persamaan yang sangat penting dalam mendesain suatu rangkaian *amplifier*. Persamaan yang paling umum digunakan dalam mendesain adalah persamaan hukum *Ohm*, persamaan yang berhubungan dengan *Gain Transistor* seperti nilai  $h_{fe}$  yang merupakan rasio arus *kolektor* terhadap arus basis dari transistor, yang nilai *typicallnya* antara 50 – 100.



**Gambar 2.** Rangkaian Dasar Penguat Kelas A

Dalam melakukan desain penguat audio kelas A *common emitter* dengan spesifikasi yang diinginkan sbb. :

- Suplay tegangan 12 Vdc.
- Penguatan Tegangan (*Voltage Gain*) 120.
- *Amplitudo sinyal input* ( $V_{in}$ ) 50 mVpp dengan frekuensi 1 KHz.
- *Bandwidth* = 100 Hz – 20 KHz (min).

Berdasarkan spesifikasi desain yang diinginkan, maka dibuat terlebih dahulu rangkaian penguat audio kelas A seperti gambar di atas.

### Menentukan Nilai $V_{out}$

Dengan nilai penguatan tegangan ( $A_v$ ) = 120, maka :

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$V_{out} = A_v \times V_{in}$$

$\delta V_{CE} = 6 \text{ V pp}$  artinya  $V_{CE}$  akan berubah  $\pm 3 \text{ Volt}$ , sehingga perubahan arus *input* ( $\delta I_B$ ) yang diakibatkan perubahan sinyal input ( $V_{in}$ ) akan mengakibatkan perubahan perubahan arus *output* ( $\delta I_C$ ).

### Menentukan Nilai $V_C$

Dengan  $V_{CC} = 12 \text{ V}$ , maka :

$$V_C \cong \frac{V_{CC}}{2} = 6 \text{ Volt}$$

$$V_C = V_{CEQ} + V_E$$

### Mencari Titik kerja transistor (*Q point*)

Dengan menggunakan asumsi  $V_E = 1 \text{ Volt}$ , dan  $V_C = 6 \text{ Volt}$ , maka :

$$V_{CEQ} = V_C - V_E = 6 - 1 = 5 \text{ Volt}$$

$$V_{CEQ} + V_E = V_{CC} - I_{CQ} \cdot R_C$$

$$I_{CQ} \cdot R_C = V_{CC} - (V_{CEQ} + V_E) \\ = 12 - (5+1) = 6 \text{ Volt.}$$

Jadi perkalian  $I_{CQ} \cdot R_C$  berada pada nilai 6 Volt.

Berdasarkan *type* transistor yang digunakan, BC 108, dari data *sheet* diperoleh nilai  $I_C$  (max) = 100 mA, maka kita dapat mengasumsikan  $I_C$  di titik Q ( $I_{CQ}$ ) sebesar 10 mA.

### Menghitung Nilai $R_C$

$$I_{CQ} \cdot R_C = 6 \text{ Volt}$$

$$R_C = 6 \text{ Volt} / 10 \text{ mA} = 600 \text{ Ohm}$$

$$\text{Nilai npv} = 560 \text{ Ohm}$$

Dengan menghitung ulang berdasarkan nilai npv 560 Ohm, maka diperoleh nilai aktual  $I_{CQ}$  sebagai berikut :

$$I_{CQ} = 6 \text{ Volt} / 560 \text{ Ohm} = 10,7 \text{ mA}$$

### Menghitung Nilai $R_E$

$$V_E = 1 \text{ Volt}$$

$$R_E = V_E / I_{EQ}, \text{ dimana } I_{EQ} \cong I_{CQ}$$

$$\text{Maka } R_E = 1 \text{ Volt} / 10,7 \text{ mA} = 93,5 \text{ Ohm}$$

$$\text{npv} = 100 \text{ Ohm}$$

Dengan menghitung ulang berdasarkan npv 100 Ohm, diperoleh nilai aktual  $V_E$  sebesar :

$$V_E = 100 \times 10,7 \text{ mA} = 1,07 \text{ Volt}$$

### Menghitung Arus Basis Pada Saat Di Titik Q ( $I_{BQ}$ )

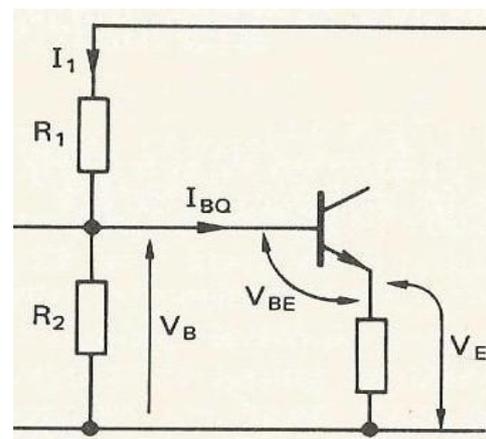
$$I_{BQ} = I_{CQ} / h_{FE}$$

Berdasarkan data *sheet* transistor *type* BC 108, nilai  $h_{FE} = 110 - 800$ , (diambil nilai terkecil).

$$I_{BQ} = 10,7 \text{ mA} / 110 = 97,2 \text{ uA}$$

### Menghitung Tegangan Basis ( $V_B$ )

Untuk mencari tegangan basis, dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 3.** Rangkaian Pembagi Tegangan Pada Bias *Basis*.

$V_B = V_E + V_{BE}$   
 Dimana  $V_E = 1,07$  Volt dan  $V_{BE} = 0,6$  Volt (Si), maka diperoleh  $V_B = 1,67$  Volt

### Mencari Nilai $I_1$

Arus  $I_1$  adalah arus yang melewati tahanan pembagi tegangan  $R_1$  dan  $R_2$ . Berdasarkan Hukum Kirchoff Arus, maka arus  $I_1$  harus lebih besar dari arus  $I_{BQ}$ , dengan demikian jika diambil asumsi, nilai  $I_1$  10 kali lebih besar dari  $I_{BQ}$ , maka diperoleh :

$$I_{BQ} = 97,2 \text{ uA}$$

$$I_1 = 97,2 \text{ uA} \times 10 = 972 \text{ uA}$$

Digunakan  $I_1 = 1 \text{ mA}$

### Menghitung Nilai $R_2$

$$R_2 = V_B / I_1 = 1,67 \text{ Volt} / 1 \text{ mA}$$

$$= 1,67 \text{ KOhm}$$

$$\text{npv } R_2 = 1,5 \text{ KOhm}$$

### Menghitung Nilai $R_1$

$$R_1 = (V_{CC} - V_B) / I_1 = (12 - 1,67) / 1 \text{ mA}$$

$$R_1 = 10,3 \text{ KOhm}$$

$$\text{npv } R_1 = 10 \text{ KOhm}$$

### Menentukan Capacitor Coupling

Untuk menentukan nilai *capacitor coupling*, dengan sinyal *input* pada frekuensi terendah, misalkan diambil nilai 500 Hz, maka nilai reaktansi kapasitif harus di bawah 500 Hz.

Jika digunakan nilai kapasitor 10 uF, maka nilai reaktansinya adalah :

$$X_c = 1/2\pi fC = 1 / (6,28 \times 500 \times 10 \text{ uF})$$

$$X_c = 31,8 \text{ uF (untuk } C_1 \text{ dan } C_2 \text{ seri)}$$

Dengan demikian diambil nilai  $C_1$  dan  $C_2$  sebesar 10 uF.

### Menentukan Nilai Capacitor Bypass CE

Untuk mempertahankan nilai reaktansi kapasitif CE yang rendah pada sinyal *input*, maka jika diasumsikan frekuensi sinyal *input* 500 Hz, maka nilai CEnya adalah :

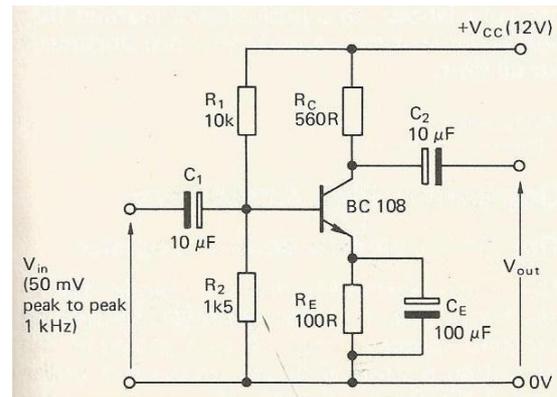
$$X_c = 1/2\pi fC = 1 / (6,28 \times 500 \times 100 \text{ uF})$$

$$X_c = 3,18 \text{ Ohm}$$

Nilai 3,18 Ohm mempunyai nilai yang lebih rendah dari nilai  $R_E = 100 \text{ Ohm}$ .

Dengan demikian, nilai kapasitor *bypass* CE = 100 uF sangat cocok untuk diterapkan pada penguat ini.

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka rangkaian lengkap penguat daya adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Rangkaian Penguat Daya Dengan Komponen

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Rancangan

Untuk menguji penguatan dari Penguat Daya tersebut sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, maka perlu dihitung kembali faktor penguatan tegangan ( $A_v$ ) berdasarkan hasil perhitungan di atas.

Dengan  $\delta V_{CE} = 6 \text{ V}$ , akan diperoleh  $\delta I_C = V_{ce}/560 = 10,7 \text{ mA}$ , artinya dengan nilai  $I_c$  10,7 mA akan diperoleh nilai *transconductance* ( $g_m$ ) sebesar :

$$g_m = \frac{I_c}{25} = \frac{10,7}{25} = 428 \text{ mS}$$

$$A_v = -g_m \times R_c$$

$$A_v = 428 \text{ mS} \times 560 = -240$$

Nilai ini besarnya dua kali dari *gain input* 120.

## 5. KESIMPULAN

Dari perancangan yang telah dilakukan dengan menerapkan teori tentang transistor, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai tahanan  $R_1$  dan  $R_2$  akan menentukan besarnya arus *basis* yang akan menggerakkan transistor pada kondisi aktif.
2. Nilai kapasitor pada rangkaian penguat daya tidak mempengaruhi titik kerja transistor, karena mempunyai nilai reaktansi kapasitif yang sangat kecil.

## 6. REFERENSI

- [1] Hayt Jr, William H, Gerold WNeudeck, 1976, *Electronic Circuit Analysis and Design*, Houghton Mifflin Company, Boston.
- [2] Morris, John C, 1989, *Electronics : Practical Applications and Design*, Edward Arnold A division of Hodder & Stoughton, London.
- [3] Sutrisno, 1987, *Elektronika Teori dan Penyelesaiannya*, Jilid 2, Penerbit ITB.