



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Sistem Proteksi

Sistem proteksi adalah suatu alat yang berfungsi untuk mendeteksi atau memberikan umpan balik pada suatu keadaan yang normal atau gangguan pada jaringan instalasi. Secara umum sistem proteksi berfungsi untuk melepaskan dengan cepat berbagai elemen saat sistem tersebut mengalami gangguan saat bekerja dalam keadaan normal.

Fungsi dari proteksi juga dapat dikatakan untuk mendeteksi perubahan parameter sistem, mengevaluasi besar perubahan parameter dan membandingkan dengan besaran dasar yang telah ditentukan sebelumnya untuk memberi perintah lebih lanjut pada peralatan untuk melakukan proses *switching* yang berfungsi untuk menghubungkan atau memisahkan bagian tertentu dari sistem.

Secara garis besar, fungsi sistem proteksi yaitu :

1. Mendeteksi adanya gangguan atau terjadinya keadaan abnormal pada bagian sistem yang diamankan,
2. Memberitahukan operator tentang adanya gangguan.

Adanya gangguan yang terjadi dapat menyebabkan antara lain:

1. Kurangnya kestabilan sistem energi listrik
2. Rusaknya peralatan-peralatan elektronik
3. Adanya bunga api akibat hubung singkat

Dengan kata lain sistem proteksi itu bermanfaat untuk:

1. Menghindari ataupun untuk mengurangi kerusakan peralatan-peralatan akibat gangguan (kondisi abnormal operasi sistem). Semakin cepat reaksi perangkat proteksi yang digunakan maka akan semakin sedikit pengaruh gangguan kepada kemungkinan kerusakan alat.

2. Cepat melokalisir luas daerah yang mengalami gangguan, menjadi sekecil mungkin.
3. Dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen dan juga mutu listrik yang baik.
4. Mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

### 2.1.1 Persyaratan Kualitas Sistem Proteksi

Ada beberapa persyaratan yang sangat perlu diperhatikan dalam suatu perencanaan sistem proteksi yang efektif, yaitu:

- a) Selektivitas dan Diskriminasi  
Efektivitas suatu sistem proteksi dapat dilihat dari kesanggupan sistem dalam mengisolir bagian yang mengalami gangguan saja.
- b) Stabilitas  
Sifat yang tetap inoperatif apabila gangguan-gangguan terjadi diluar zona yang melindungi (gangguan luar).
- c) Kecepatan Operasi  
Sifat ini lebih jelas, semakin lama arus gangguan terus mengalir, semakin besar kemungkinan kerusakan pada peralatan. Hal yang paling penting adalah perlunya membuka bagian-bagian yang terganggu sebelum generator-generator yang dihubungkan sinkron kehilangan sinkronisasi dengan sistem. Waktu pembebasan gangguan yang tipikal dalam sistem-sistem tegangan tinggi adalah 140 ms. Dimana dimasa mendatang waktu ini hendak dipersingkat menjadi 80 ms sehingga memerlukan relay dengan kecepatan yang sangat tinggi (very high speed relaying).
- d) Sensitivitas (kepekaan)  
Yaitu besarnya arus gangguan agar alat bekerja. Harga ini dapat dinyatakan dengan besarnya arus dalam jaringan aktual (arus primer) atau sebagai prosentase dari arus sekunder (trafo arus).
- e) Pertimbangan ekonomis  
Dalam sistem distribusi aspek ekonomis hampir mengatasi aspek teknis, oleh karena jumlah feeder, trafo dan sebagainya yang begitu banyak, asal saja persyaratan keamanan yang pokok dipenuhi. Dalam suatu sistem transmisi justru aspek teknis yang penting. Proteksi relatif mahal, namun demikian pula sistem



atau peralatan yang dilindungi dan jaminan terhadap kelangsungan peralatan sistem adalah vital.

### 2.1.2 Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)

#### 1. Proteksi untuk keselamatan

Persyaratan dalam pasal ini dimaksudkan untuk menjamin keselamatan manusia, dan ternak dan keamanan harta benda dari bahaya dan kerusakan yang bisa ditimbulkan oleh penggunaan instalasi listrik secara wajar.

CATATAN : Pada instalasi listrik terdapat dua jenis risiko utama, yaitu :

- a) Arus kejut listrik;
- b) Suhu berlebihan yang sangat mungkin mengakibatkan kebakaran, luka bakar atau efek cedera lain.

#### 2. Proteksi dari kejut listrik

##### ➤ Proteksi dari sentuh langsung

Manusia dan ternak harus dihindarkan/diselamatkan dari bahaya yang bisa timbul karena sentuhan dengan bagian aktif instalasi (sentuh langsung) dengan salah satu cara di bawah ini:

- a) Mencegah mengalirnya arus melalui badan manusia atau ternak;
- b) Membatasi arus yang dapat mengalir melalui badan sampai suatu nilai yang lebih kecil dari arus kejut.

##### ➤ Proteksi dari sentuh tak langsung

Manusia dan ternak harus dihindarkan/diselamatkan dari bahaya yang bisa timbul karena sentuhan dengan bagian konduktif terbuka dalam keadaan gangguan (sentuh tak langsung) dengan salah satu cara di bawah ini:

- a) Mencegah mengalirnya arus gangguan melalui badan manusia at 7 ternak;
- b) Membatasi arus gangguan yang dapat mengalir melalui badan sampai suatu nilai yang lebih kecil dari arus kejut listrik;



- c) Pemutusan suplai secara otomatis dalam waktu yang ditentukan pada saat terjadi gangguan yang sangat mungkin menyebabkan mengalirnya arus melalui badan yang bersentuhan dengan bagian konduktif terbuka, yang nilai arusnya sama dengan atau lebih besar dari arus kejut listrik.

CATATAN : Untuk mencegah sentuh tak langsung, penerapan metode ikatan penyama potensial adalah salah satu prinsip penting untuk keselamatan.

### 3. Proteksi dari efek termal

Instalasi listrik harus disusun sedemikian rupa sehingga tidak ada risiko tersulutnya bahan yang mudah terbakar karena tingginya suhu atau busur api listrik. Demikian pula tidak akan ada risiko luka bakar pada manusia maupun ternak selama perlengkapan listrik beroperasi secara normal.

### 4. Proteksi dari arus lebih

Manusia atau ternak harus dihindarkan/diselamatkan dari cedera, dan harta benda diamankan dari kerusakan karena suhu yang berlebihan atau stres elektromekanis karena arus lebih yang sangat mungkin timbul pada penghantar aktif.

Proteksi ini dapat dicapai dengan salah satu cara di bawah ini:

- a) Pemutusan secara otomatis pada saat terjadi arus lebih sebelum arus lebih itu mencapai nilai yang membahayakan dengan memperhatikan lamanya arus lebih bertahan;
- b) Pembatasan arus lebih maksimum, sehingga nilai dan lamanya yang aman tidak terlampaui.

### 5. Proteksi dari arus gangguan

Penghantar, selain penghantar aktif, dan bagian lain yang dimaksudkan untuk menyalurkan arus gangguan harus mampu menyalurkan arus tersebut tanpa menimbulkan suhu yang berlebihan.



### CATATAN :

- a) Perhatian khusus harus diberikan pada arus gangguan bumi dan arus bocoran;
  - b) Untuk penghantar aktif yang memenuhi 2.1.4.1, terjamin proteksinya dari arus lebih yang disebabkan oleh gangguan.
6. Proteksi dari tegangan lebih
- Manusia atau ternak harus dicegah dari cedera dan harta benda harus dicegah dari setiap efek yang berbahaya akibat adanya gangguan antara bagian aktif sirkit yang disuplai dengan tegangan yang berbeda.
- Manusia dan ternak harus dicegah dari cedera dan harta benda harus dicegah dari kerusakan akibat adanya tegangan yang berlebihan yang mungkin timbul akibat sebab lain (misalnya, fenomena atmosfer atau tegangan lebih penyakelaran).
7. Proteksi perlengkapan dan instalasi listrik
- Perlengkapan listrik
    - a. Pada setiap perlengkapan listrik harus tercantum dengan jelas :
      - Nama pembuat dan atau merek dagang;
      - Daya, tegangan, dan/atau arus pengenal;
      - Data teknis lain seperti disyaratkan SNI.
    - b. Perlengkapan listrik hanya boleh dipasang pada instalasi jika memenuhi ketentuan dalam PUIL 2000 dan/atau standar yang berlaku.
    - c. Setiap perlengkapan listrik tidak boleh dibebani melebihi kemampuannya.

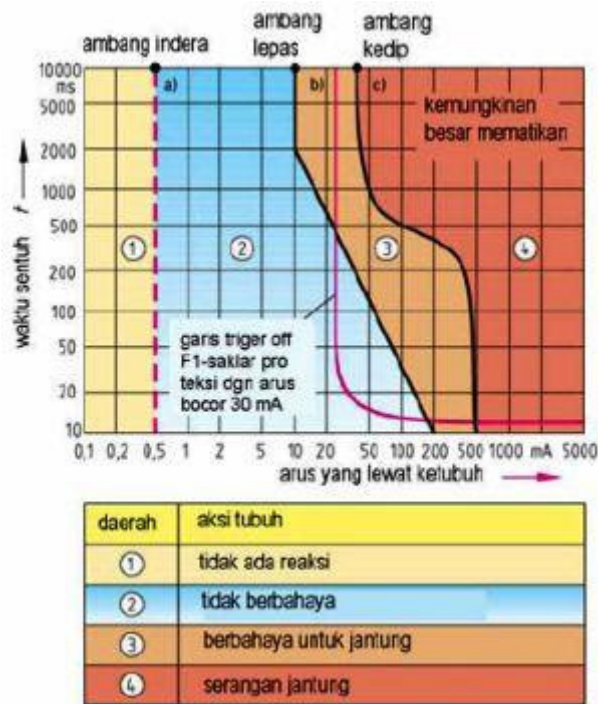
- Instalasi listrik



Instalasi yang baru dipasang atau mengalami perubahan harus diperiksa dan diuji dulu sesuai dengan ketentuan mengenai :

- a. Resistans isolasi (3.20);
- b. Pengujian sistem proteksi (3.21);
- c. Pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik (9.5.6).

Instalasi listrik yang sudah memenuhi semua ketentuan tersebut diatas dapat dioperasikan setelah mendapat izin atau pengesahan dari instansi yang berwenang dengan syarat tidak boleh dibebani melebihi kemampuannya.



Gambar 2.1 Grafik hubungan arus-waktu dan akibatnya terhadap manusia

Tabel 2.1 Batas arus yang melewati tubuh manusia

Batas arus	Pengaruh pada tubuh manusia
0 - 0,9 mA	Belum merasakan pengaruh
0,9 - 1,2 mA	Baru terasa adanya arus listrik tapi tidak menimbulkan kejang
1,2 - 1,6 mA	Mulai terasa se akan2 ada yang merayap didalam tangan
1,6 - 6,0 mA	Tangan sampai kesiku merasa kesemutan



6,0 - 8,0 mA	Tangan mulai kaku, rasa kesemutan makin bertambah
13 - 15,0 mA	Rasa sakit tak tertahankan penghantar masih dapat dilepas
15 - 20,0 mA	Otot tidak sanggup lagi melepaskan penghantar
20 - 50,0 mA	Dapat mengakibatkan kerusakan pada tubuh manusia
50 - 100,0 mA	Batas arus yang dapat menyebabkan kematian

Tabel 2.2 Besar dan Lama tegangan Sentuh Maksimum (IEC)

Tegangan sentuh (Volt) rms	Waktu Pemutusan Maksimum (detik)
< 50	
50	1,0
75	0,5
90	0,2
110	0,2
150	0,1
220	0,05
280	0,03

## 2.2 Penguat Operasional

Penguat operasional pada rangkaian ini digunakan sebagai pembanding tegangan isyarat pada satu masukan dengan suatu tegangan acuan pada  $m\epsilon^{11}$  lainnya. Keluaran tegangan tersebut berubah diantara batas-batas yang ditetapkan oleh tegangan jenuh,  $+V_{sat}$  dan  $-V_{sat}$  yang biasanya kira-kira  $\pm 13 V$ .<sup>1</sup> Sebuah pembanding adalah rangkaian dengan dua tegangan masuk (tak membalik dan membalik) dan satu tegangan keluar.<sup>2</sup>

Penguat operasional adalah suatu rangkaian terintegrasi yang berisi beberapa tingkat dan konfigurasi penguat diferensial. Penguat operasional memiliki dua masukan dan satu keluaran serta memiliki penguatan DC yang tinggi. Untuk dapat bekerja dengan baik, penguat operasional memerlukan tegangan catu yang simetris yaitu tegangan yang berharga positif (+V) dan

<sup>12</sup> Hal. 53. Coughlin, Robert F dan Frederick F. Driscoll. Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier. 1983

<sup>23</sup> Hal. 162. Albert Paul Malvino, Ph.D. Prinsip-prinsip Elektronika. 1991



tegangan yang berharga negatif (-V) terhadap tanah (ground). Berikut ini adalah simbol dari penguat operasional:

### 2.2.1 Karakteristik Ideal Penguat Operasional

Op-amp pada dasarnya adalah sebuah differential amplifier (penguat diferensial) yang memiliki dua masukan. Input (masukan) op-amp ada yang dinamakan input inverting dan non-inverting. Op-amp ideal memiliki open loop gain (penguatan loop terbuka) yang tak terhingga besarnya. Seperti misalnya op-amp LM741 yang sering digunakan oleh banyak praktisi elektronika, memiliki karakteristik tipikal open loop gain sebesar  $10^4 \sim 10^5$ . Penguat operasional banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena beberapa keunggulan yang dimilikinya, seperti penguatan yang tinggi, impedansi masukan yang tinggi, impedansi keluaran yang rendah dan lain sebagainya. Berikut ini adalah karakteristik dari Op Amp ideal:

- Penguatan tegangan lingkaran terbuka (*open-loop voltage gain*)  $A_{VOL} = -\infty$
- Tegangan ofset keluaran (*output offset voltage*)  $V_{OO} = 0$
- Hambatan masukan (input resistance)  $R_I = \infty$
- Hambatan keluaran (output resistance)  $R_O = 0$
- Lebar pita (band width)  $BW = \infty$
- Waktu tanggapan (respon time) = 0 detik
- Karakteristik tidak berubah dengan suhu

12

Kondisi ideal tersebut hanya merupakan kondisi teoritis tidak mungkin dapat dicapai dalam kondisi praktis. Tetapi para pembuat Op Amp berusaha untuk membuat Op Amp yang memiliki karakteristik mendekati kondisi-kondisi di atas. Karena itu sebuah Op Amp yang baik harus memiliki karakteristik yang mendekati kondisi ideal. Berikut ini akan dijelaskan satu persatu tentang kondisi-kondisi ideal dari Op Amp.

#### 1. Penguatan Tegangan Lingkaran Terbuka





Penguatan tegangan lingkaran terbuka (*open loop voltage gain*) adalah penguatan diferensial Op Amp pada kondisi dimana tidak terdapat umpan balik (*feedback*) yang diterapkan padanya. Secara ideal, penguatan tegangan lingkaran terbuka adalah:

$$A_{VOL} = V_o / V_{id} = -\infty$$

$$A_{VOL} = V_o / (V_1 - V_2) = -\infty$$

## 2. Tegangan Ofset Keluaran

Tegangan ofset keluaran (*output offset voltage*)  $V_{OO}$  adalah harga tegangan keluaran dari Op Amp terhadap tanah (*ground*) pada kondisi tegangan masukan  $V_{id} = 0$ . Secara ideal, harga  $V_{OO} = 0$  V. Op Amp yang dapat memenuhi harga tersebut disebut sebagai Op Amp dengan CMR (*common mode rejection*) ideal.

## 3. Hambatan Masukan

Hambatan masukan (*input resistance*)  $R_i$  dari Op Amp adalah besar hambatan di antara kedua masukan Op Amp. Secara ideal hambatan masukan Op Amp adalah tak berhingga. Tetapi dalam kondisi praktis, harga hambatan masukan Op Amp adalah antara 5 k $\Omega$  hingga 20 M $\Omega$ , tergantung pada tipe Op Amp.

13

## 4. Hambatan Keluaran

Hambatan Keluaran (*output resistance*)  $R_o$  dari Op Amp adalah besarnya hambatan dalam yang timbul pada saat Op Amp bekerja sebagai pembangkit sinyal. Secara ideal harga hambatan keluaran  $R_o$  Op Amp adalah = 0.

## 5. Lebar Pita

Lebar pita (*band width*) BW dari Op Amp adalah lebar frekuensi tertentu dimana tegangan keluaran tidak jatuh lebih dari 0,707 dari harga tegangan maksimum pada saat amplitudo tegangan masukan konstan. Secara ideal, Op



Amp memiliki lebar pita yang tak terhingga. Tetapi dalam penerapannya, hal ini jauh dari kenyataan.

6. Waktu Tanggapan

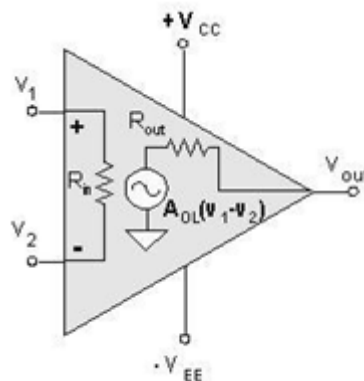
Waktu tanggapan (*respon time*) dari Op Amp adalah waktu yang diperlukan oleh keluaran untuk berubah setelah masukan berubah. Secara ideal harga waktu respon Op Amp adalah = 0 detik, yaitu keluaran harus berubah langsung pada saat masukan berubah.

7. Karakteristik Terhadap Suhu

Sebagai mana diketahui, suatu bahan semikonduktor yang akan berubah karakteristiknya apabila terjadi perubahan suhu yang cukup besar. Pada Op Amp yang ideal, karakteristiknya tidak berubah terhadap perubahan suhu. Tetapi dalam prakteknya, karakteristik sebuah Op Amp pada umumnya sedikit berubah, walaupun pada penerapan biasa, perubahan tersebut dapat diabaikan.

2.2.2 Diagram Blok Op Amp

Op-amp di dalamnya terdiri dari beberapa bagian, yang pertama adalah penguat diferensial, lalu ada tahap penguatan (gain), selanjutnya ada rangkaian penggeser level (level shifter) dan kemudian penguat akhir yang biasanya dibuat dengan penguat push-pull kelas B. Gambar-2(a) berikut menunjukkan diagram dari 14 amp yang terdiri dari beberapa bagian tersebut.



Gambar 2.2 Diagram Schematic Simbol Op-Amp.

Simbol op-amp adalah seperti pada gambar 2 dengan 2 input, non-inverting (+)



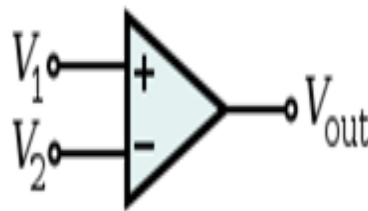
dan input inverting (-). Umumnya op-amp bekerja dengan dual supply (+Vcc dan -Vee) namun banyak juga op-amp dibuat dengan single supply (Vcc – ground). Simbol rangkaian di dalam op-amp pada gambar 2 (b) adalah parameter umum dari sebuah op-amp. Rin adalah resistansi input yang nilai idealnya infinit (tak terhingga). Rout adalah resistansi output dan besar resistansi idealnya 0 (nol). Sedangkan AOL adalah nilai penguatan open loop dan nilai idealnya tak terhingga.

Saat ini banyak terdapat tipe-tipe op-amp dengan karakteristik yang spesifik. Op-amp standard type 741 dalam kemasan IC DIP 8 pin. Untuk tipe yang sama, tiap pabrikan mengeluarkan seri IC dengan insial atau nama yang berbeda. Misalnya dikenal MC1741 dari motorola, LM741 buatan National Semiconductor, SN741 dari Texas Instrument dan lain sebagainya. Tergantung dari teknologi pembuatan dan desain IC-nya, karakteristik satu op-amp dapat berbeda dengan op-amp lain.

### 2.2.3 Aplikasi Penguat Operasional

#### 1. Perbandingan (Comparator)

Comparator adalah penggunaan op amp sebagai pembanding 15 tegangan yang masuk pada input (+) dan input (-).



Gambar 2.3 Op-Amp sebagai pembanding.

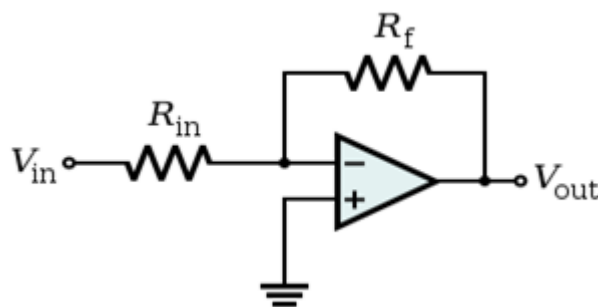
Jika input (+) lebih tinggi dari input (-) maka op amp akan mengeluarkan tegangan positif dan jika input (-) lebih tinggi dari input (+) maka op amp akan mengeluarkan tegangan negatif. Dengan demikian op amp dapat dipakai untuk membandingkan dua buah tegangan yang berbeda.

Komparator membandingkan dua tegangan listrik dan mengubah keluarannya untuk menunjukkan tegangan mana yang lebih tinggi.

$$\bullet V_{\text{out}} = \begin{cases} V_{S+} & V_1 > V_2 \\ V_{S-} & V_1 < V_2 \end{cases}$$

di mana  $V_S$  adalah tegangan catu daya dan penguat operasional beroperasi di antara  $+V_S$  dan  $-V_S$ .)

## 2. Penguat Pembalik (Inverting)



Gambar 2.4 *Op-Amp sebagai Penguat Pembalik (Inverting)*

Penguat pembalik adalah penggunaan op amp sebagai penguat 16  
dimana sinyal outputnya berbalik fasa 180 derajat dari sinyal input.

$$V_{\text{out}} = -\frac{R_f}{R_{\text{in}}} V_{\text{in}}$$

dimana :

- $Z_{\text{in}} = R_{\text{in}}$  karena V adalah bumi maya (virtual ground)
- sebuah resistor dengan nilai :

$$R_f \parallel R_{\text{in}} \triangleq R_f R_{\text{in}} / (R_f + R_{\text{in}})$$

ditempatkan di antara masukan non-pembalik dan bumi. Walaupun tidak dibutuhkan, hal ini mengurangi galat karena arus bias masukan.

Bati dari penguat ditentukan dari rasio antara  $R_f$  dan  $R_{\text{in}}$ , yaitu:

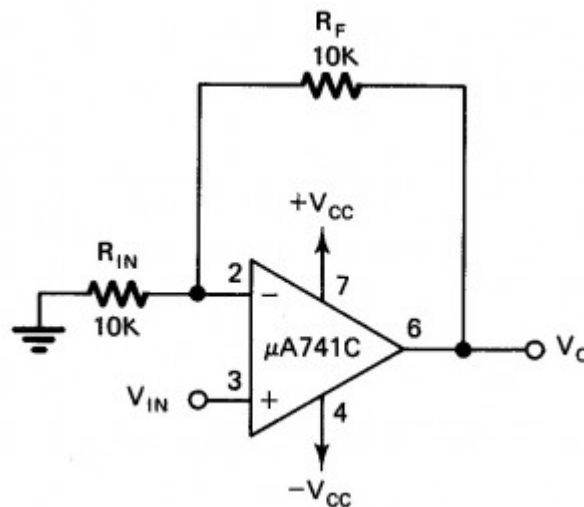
$$A = -\frac{R_f}{R_{\text{in}}}$$



Tanda negatif menunjukkan bahwa keluaran adalah pembalikan dari masukan.

### 3. Penguat tidak membalik (Non Inverting)

Penguat Tak-Membalik (Non-Inverting Amplifier) merupakan penguat sinyal dengan karakteristik dasar sinyal output yang dikuatkan memiliki fasa yang sama dengan sinyal input. Penguat tak-membalik (non-inverting amplifier) dapat dibangun menggunakan penguat operasional, karena penguat operasional memang didesain untuk penguat sinyal baik membalik ataupun tak membalik. Rangkaian penguat tak-membalik ini dapat digunakan untuk memperkuat isyarat AC maupun DC dengan keluaran yang tetap sefase dengan sinyal inputnya. Impedansi masukan dari rangkaian penguat tak-membalik (non-inverting amplifier) ber<sup>17</sup> sangat tinggi dengan nilai impedansi sekitar 100 MOhm.



Gambar 2.5 Op-Amp sebagai Penguat tidak membalik (Non Inverting)

Rangkaian diatas merupakan salah satu contoh penguat tak-membalik menggunakan sumber tegangan DC simetris. Dengan sinyal input yang diberikan pada terminal input non-inverting, maka besarnya penguatan tegangan rangkaian penguat tak membalik diatas tergantung pada harga Rin dan Rf yang dipasang. Besarnya penguatan tegangan output dari rangkaian penguat tak membalik diatas dapat dituliskan dalam persamaan matematis sebagai berikut:

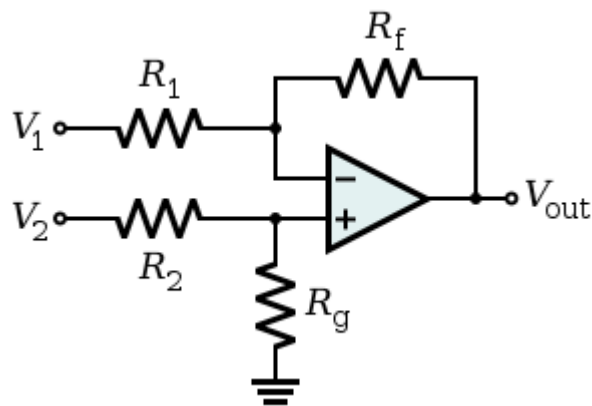
$$A_V = \left( \frac{R_f}{R_{in}} \right) + 1$$

Apabila besarnya nilai resistor  $R_f$  dan  $R_{in}$  rangkaian penguat tak membalik diatas sama-sama 10KOhm makabesarnya penguatan tegangan dari rangkaian penguat diatas dapat dihitung secara matematis sebagai berikut:

$$A_V = \left( \frac{10K}{10K} \right) + 1 = 2kali$$

18

#### 4. Penguat Differensial



Gambar 2.6 *Op-Amp sebagai Penguat differensial*

Penguat diferensial digunakan untuk mencari selisih dari dua tegangan yang telah dikalikan dengan konstanta tertentu yang ditentukan oleh nilai resistansi yaitu sebesar  $R_f/R_1$  untuk  $R_1 = R_2$  dan  $R_f = R_g$ . Penguat jenis ini berbeda dengan diferensiator. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$V_{out} = \frac{(R_f + R_1) R_g}{(R_g + R_2) R_1} V_2 - \frac{R_f}{R_1} V_1$$

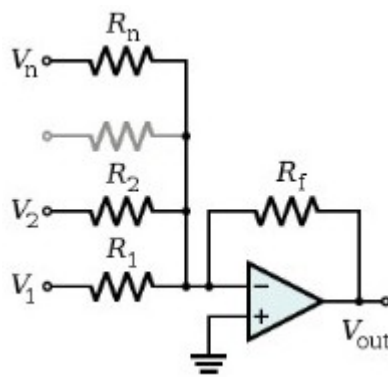


Sedangkan untuk  $R_1 = R_2$  dan  $R_f = R_g$  maka bati diferensial adalah:

$$V_{out} = \frac{R_f}{R_1}(V_2 - V_1)$$

### 5. Penguat Penjumlah (Summing Amplifier)

Penguat penjumlah berfungsi menjumlahkan beberapa level sinyal input yang masuk ke op-amp. Penggunaan op-amp sebagai penjumlah sering dijumpai pada rangkaian mixer audio.



Gambar 2.7 Op-Amp sebagai Penguat Penjumlah (Summing Amplifier)

Besarnya penguatan Gain pada masing-masing titik tegangan masukan adalah:

$$\text{Gain} = R_f/R_{in}$$

Dimana :

$R_f$  adalah resistor feed-back menuju input inverting.

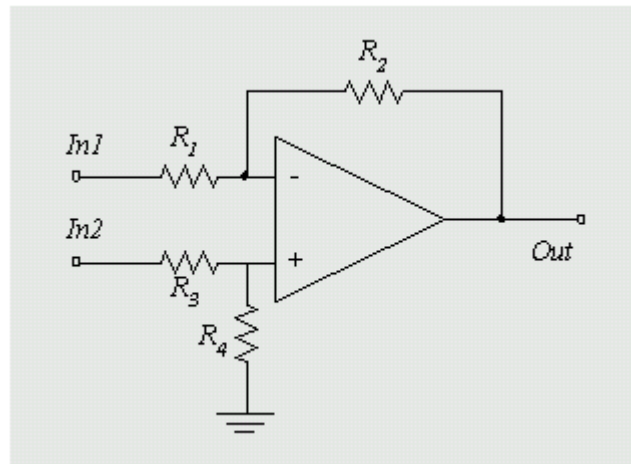
$R_{in}$  adalah resistor yang dilewati tegangan masukan menuju input inverting op-amp.

Besarnya tegangan keluaran  $V_{out}$  pada gambar diatas adalah:

$$V_{out} = - ((R_f/R_1) \times V_1 + (R_f/R_2) \times V_2 + \dots + (R_f/R_n) \times V_n)$$

### 6. Penguat Selisih

Rangkaian ini berfungsi untuk memperkuat sinyal selisih antara masukan satu dan dua. Rangkaian ini dapat dilihat pada dibawah.



Gambar 2.8 Op-Amp sebagai Penguat selisih

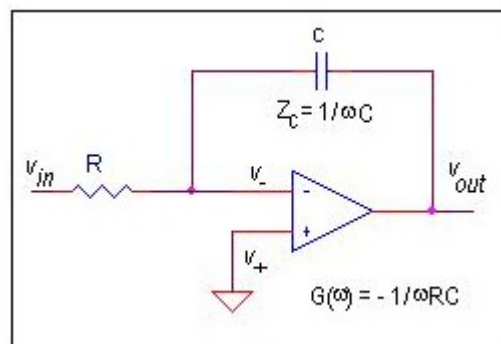
Nilai penguatan dari rangkaian di atas, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$V_{out} = (V_{in2} - V_{in1})(R_2/R_1)$$

dengan catatan,  $R_1=R_3$ ,  $R_2=R_4$

## 7. Integrator

Opamp bisa juga digunakan untuk membuat rangkaian-rangkaian dengan respons frekuensi, misalnya rangkaian penapis (filter). Salah satu contohnya adalah rangkaian integrator. Rangkaian dasar sebuah integrator adalah rangkaian op-amp inverting, hanya saja rangkaian umpanbaliknya (feedback) bukan resistor melainkan menggunakan kapasitor C.



Gambar 2.9 Op-Amp sebagai integrator





Prinsip rangkaian ini sama dengan menganalisa rangkaian op-amp inverting. Dengan menggunakan 2 aturan op-amp (*golden rule*) maka pada titik inverting akan didapat hubungan matematis :

$$i_{in} = (v_{in} - v_-) / R = v_{in} / R, \text{ dimana } v_- = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$i_{out} = -C d(v_{out} - v_-) / dt = -C dv_{out}/dt; v_- = 0$$

$$i_{in} = i_{out} ; \dots\dots\dots (2)$$

Maka jika disubstitusikan, akan diperoleh persamaan :

$$i_{in} = i_{out} = v_{in} / R = -C dv_{out}/dt$$

atau dengan kata lain

$$V_{out} = -1/RC ( \int_{t_0}^t v_{in} dt ) \dots\dots\dots (3)$$

Dari sinilah nama rangkaian ini diambil, karena secara matematis tegangan keluaran rangkaian ini merupakan fungsi integral dari tegangan input. Sesuai dengan nama penemunya, rangkaian yang demikian dinamakan juga rangkaian Miller Integral. Aplikasi yang paling populer menggunakan rangkaian integrator adalah rangkaian pembangkit sinyal segitiga dari inputnya yang berupa sinyal kotak.

Dengan analisa rangkaian integral serta notasi Fourier, dimana

$$f = 1/t \text{ dan } \omega = 2\pi f \dots\dots\dots (4)$$

penguatan integrator tersebut dapat disederhanakan dengan rumus

$$G(\omega) = -1/\omega RC \dots\dots\dots (5)$$

Sebenarnya rumus ini dapat diperoleh dengan cara lain, yaitu dengan mengingat rumus dasar penguatan opamp inverting  $G = -R_2/R_1$ . Pada rangkaian integrator tersebut diketahui  $R_1 = R$  dan  $R_2 = Z_c = 1/\omega C$ . Dengan demikian dapat diperoleh penguatan integrator tersebut seperti persamaan 5 atau agar terlihat respons frekuensinya dapat juga ditulis dengan

$$G(f) = -1/2\pi f RC \dots\dots\dots (6)$$

Karena respons frekuensinya yang demikian, rangkain integrator ini merupakan dasar dari low pass filter. Terlihat dari rumus tersebut secara

matematis, penguatan akan semakin kecil (meredam) jika frekuensi sinyal input semakin besar.

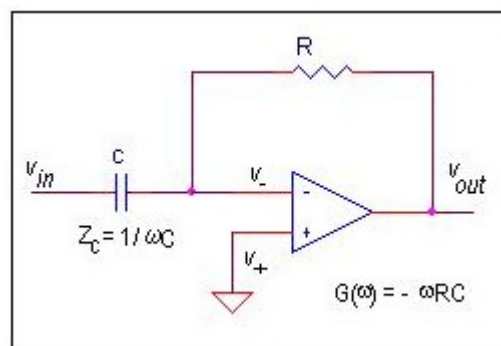
Pada prakteknya, rangkaian *feedback* integrator mesti diparalel dengan sebuah resistor dengan nilai misalnya 10 kali nilai R atau satu besaran tertentu yang diinginkan. Ketika inputnya berupa sinyal dc (frekuensi = 0), kapasitor akan berupa saklar terbuka. Jika tanpa resistor feedback seketika itu juga outputnya akan saturasi sebab rangkaian umpanbalik op-amp menjadi open loop (penguatan open loop opamp ideal tidak berhingga atau sangat besar). Nilai resistor feedback sebesar 10R akan selalu menjamin *output offset voltage* (offset tegangan keluaran) sebesar 10x sampai pada suatu frekuensi *cutoff* tertentu.

#### 8. Differensiator

Kalau komponen C pada rangkaian penguat inverting di tempatkan di depan, maka akan diperoleh rangkaian differensiator. Dengan analisa yang sama seperti rangkaian integrator, akan diperoleh persamaan penguatannya :

$$V_{out} = -RC \, dv_{in}/dt \dots\dots\dots(7)$$

Rumus ini secara matematis menunjukkan bahwa tegangan keluaran  $v_{out}$  pada rangkaian ini adalah differensiasi dari tegangan input  $v_{in}$ . Contoh praktis dari hubungan matematis ini adalah jika tegangan input berupa sinyal segitiga, maka outputnya akan menghasilkan sinyal kotak.



Gambar 2.10 Op-Amp sebagai Differensiator

Bentuk rangkain differensiator adalah mirip dengan rangkaian inverting. Sehingga jika berangkat dari rumus penguat inverting  $G = -R_2/R_1$  dan pada



rangkaian differensiator diketahui  $R_2 = R$  dan  $R_1 = Z_c = 1/\omega C$  maka jika besaran ini disubstitusikan akan didapat rumus penguat differensiator

$$G(\omega) = -\omega RC \dots\dots\dots(8)$$

Dari hubungan ini terlihat sistem akan meloloskan frekuensi tinggi (*high pass filter*), dimana besar penguatan berbanding lurus dengan frekuensi. Namun demikian, sistem seperti ini akan menguatkan noise yang umumnya berfrekuensi tinggi. Untuk praktisnya, rangkain ini dibuat dengan penguatan dc sebesar 1 (*unity gain*). Biasanya kapasitor diseri dengan sebuah resistor yang nilainya sama dengan R. Dengan cara ini akan diperoleh penguatan 1 (*unity gain*) pada nilai frekuensi *cutoff* tertentu.

Mendiferensiasikan sinyal hasil pembalikan terhadap waktu dengan persamaan:

$$V_{out} = -RC \frac{dV_{in}}{dt}$$

di mana  $V_{in}$  dan  $V_{out}$  adalah fungsi dari waktu. Pada dasarnya diferensiator dapat juga dibangun dari integrator dengan cara mengganti kapasitor dengan induktor, namun tidak dilakukan karena harga induktor yang mahal dan bentuknya yang besar. Differensiator dapat juga dilihat sebagai tapis pelewat-rendah dan dapat digunakan sebagai tapis aktif.

### 2.3 Transformator Ukur

Sebuah transformator ukur bekerja dengan prinsip yang sama dengan transformator daya tetapi dirancang khusus untuk digunakan bersama-sama dengan alat ukur listrik untuk memperluas rentang ukur dari amperemeter atau voltmeter.

Pada dasarnya transformator terdiri dari dua kumparan yang saling tersekat secara elektrik dan terlilit di atas dua bahan inti biasa yang berbentuk

sirkuit magnetis tertutup, sehingga kedua kumparan tadi terhubung secara berbalasan. Kumparan primer dihubungkan dengan sumber AC dan kumparan sekunder dihubungkan ke terminal yang menghasilkan tegangan bolak-balik.

Pada dasarnya Transformator digunakan untuk :

- Mengubah tegangan tinggi bolak balik, yaitu menaikkan atau menurunkan tegangan
- Menyesuaikan impedansi
- Menggabungkan
- Menyekat sirkuit

Pada Transformator ukur akan dikenakan tegangan dan arus riil yang mengalir pada rangkaian sementara alat ukur dihubungkan pada belitan sekunder transformator.

Dengan cara ini maka alat ukur akan mengukur arus atau tegangan yang lebih kecil tetapi berbanding lurus terhadap arus dan tegangan sesungguhnya sesuai dengan perbandingan belitan yang digunakan.

Keuntungan penggunaan transformator ukur ini antara lain :

- a. Sisi sekunder transformator ukur dililit untuk menghasilkan tegangan yang lebih rendah sehingga dapat menyederhanakan isolasi untuk peralatan pengukuran yang digunakan serta membukanya menjadi lebih aman.
- b. Transformator sekaligus berfungsi juga untuk mengisolasi alat ukur dari rangkaian utama sehingga antara rangkaian ukur dan rangkaian listrik utama tidak terdapat hubungan listrik langsung.
- c. Peralatan ukur dapat dibaca melalui jarak jauh dari posisi yang aman dengan menggunakan kawat penghubung yang panjang untuk menghubungkan alat ukur dan transformator ukur.
- d. Tegangan sekunder atau arus sekunder dapat distandarisasi (biasanya

110 V dan 5 A) yang akan menyederhanakan perubahan alat ukur. Sesuai dengan fungsinya, maka Transformator ukur terbagi dua yakni;

## 1. Transformator Tegangan



Gambar 2.11 *Transformator Tegangan*  
(<https://www.google.com/search?q=transformator+tegangan>)

Konstruksi dari sebuah transformator tegangan (VT) adalah serupa dengan transformator daya. Belitan sekunder dari transformator tegangan ini dihubungkan dengan alat ukur voltmeter. Transformator tegangan dioperasikan sebagai penurun tegangan. Belitan primer memiliki jumlah lilitan yang jauh lebih besar daripada belitan sekunder karena :

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

Pembacaan voltmeter harus dikalikan dengan rasio lilitan untuk menentukan tegangan beban.

## 2. Transformator Arus



Gambar 2.12 *Transformator Arus (CT)*

([https://www.google.com/search?q=Transformator+arus+\(CT\)+Type+MFO+100+H](https://www.google.com/search?q=Transformator+arus+(CT)+Type+MFO+100+H))

Transformator arus digunakan untuk mengukur arus beban suatu rangkaian. Dengan menggunakan transformator arus maka arus beban yang besar dapat diukur dengan menggunakan alat ukur (amperemeter) yang tidak terlalu besar. Operasi dari sebuah transformator arus (CT) berbeda dengan transformator daya meskipun prinsip-prinsip dasar transformator tetaplah sama.

Belitan sekunder dari transformator arus memiliki jumlah lilitan yang banyak yang terhubung pada amperemeter. Amperemeter biasanya di standarisasi pada nilai 1 A atau 5 A sehingga rasio transformator dipilih agar arus sebesar 1 A atau 5 A mengalir pada belitan sekunder ketika rangkaian listrik utama yang terhubung dengan sisi primer transformator arus mengalirkan arus beban penuh. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Belitan primer hanya memiliki beberapa lilitan saja dan dalam beberapa kasus tertentu arus-arus besar yang akan diukur cukup dialirkan melalui satu lilitan saja. <sup>3</sup>

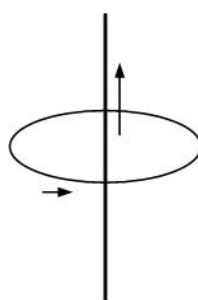
Trafo arus dalam rangkaian proyek akhir ini berfungsi sebagai sensor Arus yang gunanya untuk mendeteksi arus yang lewat pada jaringan. Rangkaian sensor arus ini menggunakan sifat dari prinsip induktansi dan sebuah induktansi yang dialiri oleh arus yang besar akan menghasilkan beda potensial dari kedua ujung

<sup>3</sup>Hal. 173. Ir.Drs. Hanafi Gunawan. Mesin dan Rangkaian Listrik.1993



lilitan.

Jika seutas tembaga diberi aliran listrik, maka sekeliling kawat tembaga akan terbentuk medan listrik. Dengan aturan tangan kanan dapat diketahui arah medan listrik terhadap arah arus listrik. Caranya sederhana yaitu dengan mengacungkan jari jempol tangan kanan sedangkan keempat jari lain menggenggam. Arah jempol adalah arah arus dan arah keempat jari lain adalah arah medan listrik yang mengitarinya.



Gambar 2.13 Arah medan magnet

(<https://www.google.com/search?q=Arah+medan+magnet>)

Dengan adanya medan magnet tersebut maka dimanfaatkan untuk menghasilkan beda potensial yang terjadi pada induksi tersebut. Beda potensial yang terjadi dari kedua ujung kumparan yang dililitkan pada sebuah ferit yang berbentuk selenoid yang ditengahnya terdapat kawat yang dilaliri arus listrik maka terjadilah beda potensial. Semakin besar arus yang dilewati kawat tersebut semakin besar pula beda potensial yang terjadi dikedua ujung kawat tersebut.

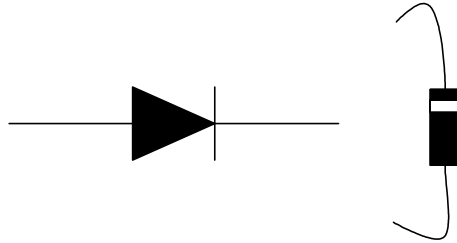
## 2.4 Dioda

Dioda adalah komponen semikonduktor yang mengalirkan arus satu arah saja. Dioda terbuat dari germanium atau silikon yang lebih dikenal dengan dioda *junction*.<sup>8</sup> Ada banyak tipe dioda menurut karakteristik operasi dan aplikasinya

<sup>8</sup> Hal. 109. Prof.Dr.Zuhal M.Sc.EE, Ir.Zhanggischan . Prinsip Dasar Elektronik. 2004



misalnya dioda Zener, dioda pemancar cahaya (*Light Emitting Diode*, LED) dan lain-lain.



Gambar 2.14 *Simbol dan bentuk dioda*

(<https://www.google.com/search?q=simbol+dan+bentuk+dioda>)

Struktur dari dioda ini, sesuai dengan namanya, adalah sambungan antara semikonduktor tipe P dan semikonduktor tipe N. Semikonduktor tipe P berperan sebagai anoda dan semikonduktor tipe N berperan sebagai katoda. Dengan struktur seperti ini arus hanya dapat mengalir dari sisi P ke sisi N.

Sambungan PN bagian P konsentrasi lubangnya lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi lubang bagian N, sebaliknya konsentrasi elektron di bagian N lebih besar dibandingkan dengan di bagian P. karena perbedaan konsentrasi pembawa muatan tadi, mengakibatkan terjadi peristiwa difusi lubang dari bagian P ke N dan elektron dari bagian N ke P.

Sesaat setelah lubang masuk ke bagian N yang kaya akan elektron, maka terjadi rekombinasi (penggabungan kembali) antara lubang dan elektron. Demikian pula halnya elektron yang masuk ke bagian P yang kaya akan lubang akan segera bergabung dengan lubang.

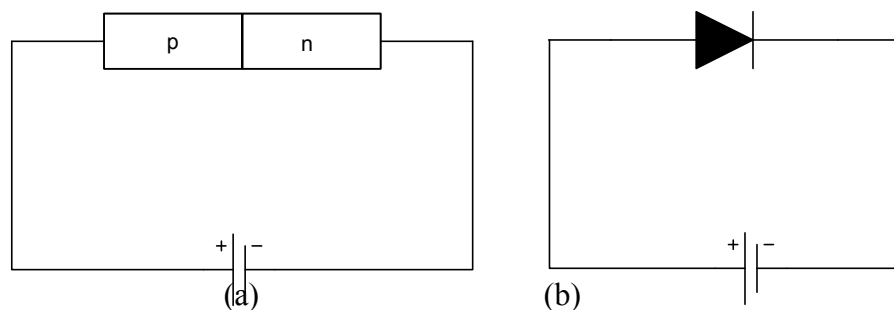
Sehingga hasil rekombinasi ini menyebabkan daerah di sekitar sambungan menjadi kekurangan pembawa muatan dan disebut daerah deplesi (kekurangan) atau daerah muatan ruang (*space charge region*) atau daerah transisi.

### 1. *Forward Bias*



Pada kondisi *forward* bias ini diperoleh dengan menghubungkan bagian P dengan kutub positif sedangkan bagian N pada kutub negatif sehingga arus yang melewati dioda menjadi besar.<sup>59</sup>

Gejala ini terjadi karena elektron-elektron di sisi N mendapat tambahan energi sehingga mereka mampu menyebrangi *junction*. Selanjutnya masuk kedalam hole dan menjadi elektron valensi. Perjalanan elektron valensi berlanjut hingga ke ujung sisi P dan meninggalkan sisi P lalu mengalir ke dalam kutub positif sumber. Terjadilah arus listrik.



Gambar 2.15. a) Sambungan PN diberi *forward bias*

b) Simbol dioda sambungan PN yang mendapat  
*forward bias*

(<https://www.google.com/search?q=Sambungan+PN+diberi+forward+bias>)

## 2. *Reverse Bias*

Kondisi *reverse* ini diperoleh dengan menghubungkan bagian P dengan kutub negatif dan bagian N dengan kutub positif sehingga, bias elektron pada sisi N menjauhi *junction*<sup>3</sup>. Begitu pula dengan hole pada sisi P. Akibatnya daerah pengosongan menjadi makin lebar dan beda potensialnya semakin tinggi. Akhirnya beda potensial pada lapisan pengosongan sama dengan beda potensial sumber. Pada saat itu elektron dan hole berhenti bergerak serta tidak terjadi arus listrik.

Pada frekuensi rendah dioda-dioda yang biasa dapat dengan mudah terputus (*turn off*) bila pra tegangannya berubah dari maju ke balik. Tetapi bila

<sup>59</sup> Hal. 28-29 Prof. M. Barmawi.Ph.D dan M. O. Tjia, Ph. D. Prinsip-Prinsip Elektronika. 1985



frekuensinya naik, dioda mencapai titik di mana ia tak dapat terputus dengan cukup cepat untuk menghindari arus yang cukup besar selama sebagian dari setengah siklus balik.



Gambar 2.16 a) Sambungan NP diberi Reverse Bias

b) Simbol dioda sambungan NP yang mendapat Reverse Bias

(<https://www.google.com/search?q=Sambungan+NP+diberi+Revers>)

Dengan menggunakan sifat yang dimiliki oleh dioda yaitu, perlawanan yang maju sangat kecil dan perlawanan terbalik yang sangat tinggi maka pada perancangan kali ini, digunakan pula dioda sebagai pelindung pada saat mensaklarkan arus listrik ke beban-beban yang memiliki induktansi tinggi. Beban induktif yang digunakan yakni *relay*. Dioda tersebut akan mengalirkan dan membuang arus berlebihan secara aman saat terputusnya arus ke transistor.

#### 2.4.1 Dioda Zener

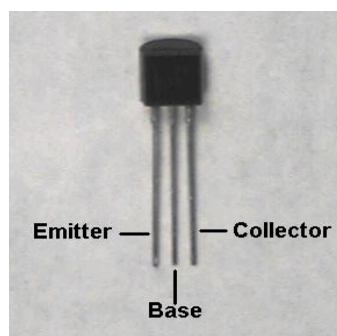


Gambar 2.17 Dioda zener dan simbol

(<https://www.google.com/search?q=dioda+zener>)

Dioda zener adalah salah satu jenis dioda yang memiliki sisi eksklusif pada daerah breakdownnya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai stabilizer atau pembatas tegangan. Struktur dioda zener hampir sama dengan dioda pada umumnya, hanya konsentrasi doping saja yang berbeda. Kurva [karakteristik dioda zener](#) juga sama seperti dioda pada umumnya, namun pada daerah breakdown dimana pada saat bias mundur mencapai tegangan breakdown maka arus dioda naik dengan cepat seperti pada gambar karakteristik dioda zener dibawah. Daerah breakdown inilah yang menjadi referensi untuk penerapan dari dioda zener. Sedangkan pada dioda biasa daerah breakdown merupakan daerah kritis yang harus dihindari dan tidak diperbolehkan pemberian tegangan mundur sampai pada daerah breakdown, karena bisa merusak dioda biasa.

## 2.5 Transistor



Gambar 2.18 Transistor

32

(<https://www.google.com/search?q=transistor>)

Transistor merupakan komponen elektronika mempunyai tiga terminal



elektroda yakni, basis, kolektor, dan emitor.<sup>6</sup> Penamaan transistor tersebut didasari oleh prinsip kerjanya, yaitu mentransfer atau memindahkan arus.

Dalam beberapa keadaan transistor dapat digunakan dengan berbagai fungsi seperti, dalam sistem komunikasi, transistor dipergunakan sebagai penguat untuk memperkuat sinyal, sedangkan dalam untai elektronis komputer transistor digunakan sebagai saklar elektronis laju tinggi.

Pada perancangan rangkaian tugas akhir ini akan digunakan transistor sebagai fungsi saklar elektronis. Hal ini dikarenakan saklar elektronis mempunyai beberapa kelebihan yaitu:

1. Tidak memakan banyak tempat
2. Tidak bisa aus
3. Dapat bekerja jauh lebih cepat
4. Hanya memerlukan tenaga yang sangat kecil

Transistor memiliki tiga terminal semikonduktor pada satu terminal dan banyak dibuat dari bahan silikon. Tiga kaki yang berlainan membentuk transistor bipolar, yaitu emitor, basis dan kolektor. Mereka dapat dikombinasikan menjadi transistor berjenis N-P-N atau P-N-P.

Aturan/prosedur transistor adalah sebagai berikut:

1. Pada transistor NPN, pemberian tegangan positif dari basis ke emitor menyebabkan kolektor dan emitter terhubung singkat sehingga transistor aktif (*on*). Memberikan tegangan negatif atau 0 volt dari basis ke emitor menyebabkan hubungan kolektor dari emitor terbuka atau transistor mati (*off*).
2. Pada transistor PNP, memberikan tegangan negatif dari basis ke emitor akan menyalakan transistor (*on*), sedangkan memberikan tegangan pos<sup>33</sup> atau 0 volt dari basis ke emitor akan membuat transistor mati (*off*).

## 2.6 Relay

---

<sup>63</sup> Hal. 44 Drs.Daryanto. Teknik Elektronika. 2005



Gambar 2.19 Relay

(<https://www.google.com/search?q=relay>)

Relay adalah perangkat listrik atau bisa disebut komponen yang berfungsi sebagai saklar listrik, Cara kerja relay adalah apabila kita memberi tegangan pada kaki 1 dan kaki ground pada kaki 2 relay maka secara otomatis posisi kaki CO (Change Over) pada relay akan berpindah dari kaki NC (Normally close) ke kaki NO (Normally Open). Relay juga dapat disebut komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, relay merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (solenoid) di dekatnya. Ketika solenoid dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup.

Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka. Relay biasanya digunakan untuk menggerakkan arus/tegangan yang besar (misalnya peralatan listrik 4 ampere AC 220 V) dengan memakai arus/tegangan yang kecil (misalnya 0.1 ampere 12 Volt DC). Relay yang paling sederhana ialah relay elektromekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik.

Secara sederhana relay elektromekanis ini didefinisikan sebagai berikut :

- Alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup (atau membuka) kontak saklar.
- Saklar yang digerakkan (secara mekanis) oleh daya/energi listrik.

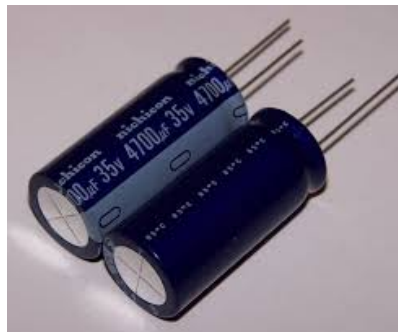
Dalam pemakaiannya biasanya relay yang digerakkan dengan arus DC dilengkapi dengan sebuah dioda yang di-paralel dengan lilitannya dan dipasang terbaik yaitu anoda pada tegangan (-) dan katoda pada tegangan (+). Ini bertujuan untuk mengantisipasi sentakan listrik yang terjadi pada saat relay berganti posisi dari on ke off agar tidak merusak komponen di sekitarnya.

Konfigurasi dari kontak-kontak relay ada tiga jenis, yaitu:

- Normally Open (NO), apabila kontak-kontak tertutup saat relay dicatu
- Normally Closed (NC), apabila kontak-kontak terbuka saat relay dicatu

Change Over (CO), relay mempunyai kontak tengah yang normal tertutup, tetapi ketika relay dicatu kontak tengah tersebut akan membuat hubungan dengan kontak-kontak yang lain.

## 2.7 Kapasitor



Gambar 2.20 *kapasitor*

(<https://www.google.com/search?q=kapasitor>)

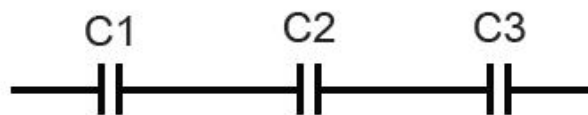
Kapasitor (Kondensator) yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf "C" adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi/muatan listrik di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Kapasitor yang digunakan untuk rancang bangun alat ini adalah kapasitor jenis poliestiren dan kapasitor elektrolisis jenis aluminium dengan type  $4700\mu\text{F}/35\text{V}$ .

Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya. Di alam bebas, fenomena kapasitor ini terjadi pada saat terkumpulnya muatan-muatan positif dan negatif di awan.

Bila kapasitor dihubungkan ke baterai kapasitor terisi hingga beda potensial antara kedua terminal sama dengan tegangan baterai. Jika baterai dicabut, muatan-muatan listrik akan habis dalam waktu yang sangat lama, terkecuali bila sebuah konduktor dihubungkan pada kedua terminal kapasitor.

Kapasitansi sebuah kapasitor adalah kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan listrik. Kapasitansi diukur dengan satuan farad. Kapasitansi bergantung pada luas permukaan keping dan dielektrik yang digunakan. Kapasitansi akan besar jika luas permukaan keping besar. Dengan kata lain kapasitansi berbanding lurus dengan luas permukaan keping dan berbanding terbalik dengan jarak antara dua keping sejajar.

Bila rangkaian kapasitor dipasang secara seri maka akan mengakibatkan nilai kapasitansi total semakin kecil. Di bawah ini contoh kapasitor yang dirangkai secara seri.



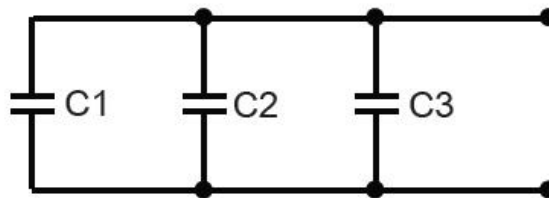
Gambar 2.21 *Kapasitor seri*

(<https://www.google.com/search?q=kapasitor+seri>)

Pada rangkaian kapasitor yang dirangkai secara seri berlaku rumus :

$$\frac{1}{C_{\text{TOTAL}}} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3} \dots\dots\dots(2.1)^7$$

Rangkaian kapasitor secara paralel akan mengakibatkan nilai kapasitansi pengganti semakin besar. Di bawah ini contoh kapasitor yang dirangkai secara paralel.



Gambar 2.22 *Kapasitor Paralel*  
(<https://www.google.com/search?q=kapasitor+paralel>)

Pada rangkaian kapasitor paralel berlaku rumus :

$$C_{\text{TOTAL}} = C1 + C2 + C3 \dots\dots\dots(2.2)^8$$

Fungsi penggunaan kapasitor dalam suatu rangkaian :

1. Sebagai kopling antara rangkaian yang satu dengan rangkaian yang lain
2. Sebagai filter dalam rangkaian PS
3. Sebagai pembangkit frekuensi dalam rangkaian antena
4. Untuk menghemat daya listrik pada lampu neon
5. Menghilangkan bouncing (loncatan api) bila dipasang pada saklar.

7 Hal. 43. Owen Bishop. Dasa-Dasar Elektronika. 2004

8 Hal. 43. Owen Bishop. Dasa-Dasar Elektronika. 2004



## 2.8 Resistor



Gambar 2.23 Resistor

(<https://www.google.com/search?q=resistor>)

Resistor adalah komponen dasar elektronika yang digunakan untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam satu rangkaian. Sesuai dengan namanya resistor bersifat resistif dan umumnya terbuat dari bahan karbon. Dari hukum Ohm diketahui, resistansi berbanding terbalik dengan jumlah arus yang mengalir melaluinya. Satuan resistansi dari suatu resistor disebut Ohm atau dilambangkan dengan simbol  $\Omega$  (Omega).

Untuk menyatakan resistansi sebaiknya disertakan batas kemampuan dayanya. Berbagai macam resistor dibuat dari bahan yang berbeda dengan sifat-sifat yang berbeda. Spesifikasi lain yang perlu diperhatikan dalam memilih resistor pada suatu rancangan selain besar resistansi adalah besar watt-nya. Karena resistor bekerja dengan dialiri arus listrik, maka akan terjadi disipasi daya berupa panas sebesar  $W=I^2 R$  watt.

Semakin besar ukuran fisik suatu resistor bisa menunjukkan semakin besar kemampuan disipasi daya resistor tersebut. Resistor dalam teori dan prakteknya ditulis dengan perlambangan huruf  $R$ . Nilai hambatan resistor disebut resistansi.

### ➤ Jenis-jenis Resistor

Berdasarkan jenis dan bahan yang digunakan untuk membuat resistor dibedakan menjadi resistor kawat, resistor arang dan resistor oksida logam.

Namun demikian dalam perdagangan resistor-resistor tersebut dibedakan menjadi resistor tetap (*fixed resistor*) dan resistor variabel. Penggunaan untuk daya

rendah yang paling utama adalah jenis tahanan tetap yaitu tahanan campuran karbon yang dicetak. Ukuran relatif semua tahanan tetap.

Tahanan yang berubah-ubah, seperti yang tercantum dari namanya, memiliki sebuah terminal tahanan yang dapat diubah harganya dengan memutar dial, knob, ulir atau apa saja yang sesuai untuk suatu aplikasi. Mereka bisa memiliki dua atau tiga terminal, akan tetapi kebanyakan memiliki tiga terminal. Jika dua atau tiga terminal digunakan untuk mengendalikan besar tegangan, maka biasanya di sebut potensiometer.



Gambar 2.24 *Simbol Resistor Tetap*

(<https://www.google.com/search?q=jenis-jenis+resistor>)