

Alat Pembatas Arus Dengan SCR
(*Silicon Controlled Rectifier*)

LAPORAN TUGAS AHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Melaksanakan Tugas Ahir pada
Jurusan Teknik Elektro



DISUSUN OLEH :

Nama : Kukun Kurniawan
No. Mhs : 99 524 113093
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Hj. Budi Astuti, MT
Pembimbing 2 : Wahyudi Budi Pramono, ST

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2007

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
ALAT PEMBATAS ARUS DENGAN SCR
(*SILICON CONTROLLED RECTIFIER*)

TUGAS AKHIR



Yogyakarta, September 2007

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Ir. Hj. Budi Astuti, MT)

(Wahyudi Budi P, ST)

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
ALAT PEMBATAS ARUS DENGAN SCR
(*SILICON CONTROLLED RECTIFIER*)

Tugas Akhir

Nama : Kukun Kurniawan
No. Mhs : 99 524 113

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 2 Oktober 2007

Tim penguji

Tanda Tangan

Ketua

Ir. Hj. Budi Astuti, MT

Anggota I

RM. Sisdarmanto Adinandra, ST.,M.Sc.

Anggota II

Wahyudi Budi P, ST

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Tito Yuwono, ST., M.Sc

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu alat pembatas arus. Dengan adanya alat ini maka arus pada beban dapat dibatasi agar jika terjadi gangguan pada sumber listrik maka beban dapat terlindungi.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, yang meliputi perancangan, pembuatan serta perakitan alat. Pengumpulan data penelitian diperoleh dari titik-titik pengujian pada rangkaian. Prinsip dasar alat pembatas arus ini adalah membatasi arus pada beban yang mana Ic 1m 339 berfungsi sebagai pembanding tegangan antara V (-) dan V (+) sebagai tegangan referensi. Pada rangkaian ini menggunakan dua buah catu daya yang terdiri dari catu daya untuk menghidupkan beban dan catu daya untuk menghidupkan rangkaian. Alat pembatas arus ini menitik beratkan pada scr sebagai saklar untuk mengaktifkan relay sebagai pemutus arus.

Dari pengujian yang dilakukan dapat diperoleh hasil sebagai berikut :

Pada pengujian dengan beban 20 watt maka saat kondisi ON tegangan referensi pada V1 kecil, dan tegangan V2 besar maka output comparator = kecil dan ini masih terlalu kecil untuk memicu SCR maka pada kondisi lampu masih menyala. Kemudian pada saat potensiometer disetting untuk mendapatkan arus maksimal sebelum lampu OFF hal ini menyebabkan tegangan di V1 pada settingan Ampere naik menjadi V melebihi tegangan di V2 sehingga tegangan output comparator akan naik juga menjadi akan memicu *gate* SCR, dan SCR akan memicu relay untuk memutuskan arus yang menuju ke beban. Bila settingan arus melebihi maka lampu akan mati. Demikian juga sama untuk proses pengujian dengan menggunakan beban 50 watt. Hubungan resistor geser (potensiometer) dengan nilai arus pembatas adalah sebagai penentu dalam pembatas arus yang berfungsi sebagai pengatur tegangan pembanding. Jadi arus yang masuk ke rangkaian pembanding sesuai dengan besarnya resistansi pada potensiometer ditambah R sebagai pembagi arus. Kedudukan potensiometer adalah pengatur arus input sehingga dapat dibandingkan terhadap arus pada input2. Alat ini akan berkerja agar dapat membatasi arus yang diinginkan dengan cara mengatur besar kecilnya tegangan pada inverting sebagai Vref yang tersambungkan dengan potensiometer.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
MOTTO.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Rumusan Masalah.....	2
1.5. Tujuan Penelitian.....	3
1.6. Manfaat Penelitian.....	3
1.7. Sitematika Penulisan.....	3

BAB II. LANDASAN TEORI

2.1. Transformator.....	5
2.1.1. Konstruksi Transformator.....	5
2.1.2. Prinsip Operasi Transformator.....	6
2.2. Regulator tegangan	8
2.3. Dioda.....	10
2.3.1. Teori Dioda.....	10
2.3.2 Penyearah Dioda.....	12
2.4. SCR (Silicon Controlled Rectifier).....	14
2.4.1 Simbol dan Karakteristik SCR.....	16
2.5. Penguat Operasional (Op-Amp).....	19
2.6. Relay	23
2.7. Transistor	25

BAB III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN RANGKAIAN

3.1. Konsep Perancangan	29
3.2. Catu rangkaian	30
3.3. Catu Beban.....	32
3.4. Rangkaian pembatas arus lengkap	33
3.5. Rangkaian Komparator	34
3.6. Rangkaian Pensaklaran SCR.....	35

BAB IV. PENGAMATAN DAN ANALISA

4.1. Pengamatan dan Pengukuran	38
4.1.1. Pengukuran Tegangan dan Arus pada Kondisi Normal dengan Beban 20 Watt.....	38
4.1.2. Pengukuran Tegangan dan Arus pada Kondisi Normal dengan Beban 50 Watt	39
4.1.3 Pengukuran Saat Mendapatkan Batasan Arus agar Beban 20 Watt Menjadi OFF.....	40
4.1.4 Pengukuran Saat Mendapatkan Batasan Arus agar Beban 50 Watt Menjadi OFF.....	40
4.2. Analisa Pengamatan.....	41
4.2.1. Pengukuran Rangkaian dengan Beban 20 watt.....	41
4.2.2. Pengukuran Rangkaian dengan Beban 50 watt.....	42
4.2.3. Analisis Hasil Pengamatan Saat Mendapatkan Batasan Arus agar Beban 20 Watt Menjadi OFF.....	42
4.2.4. Analisis Hasil Pengamatan Saat Mendapatkan Batasan Arus agar Beban 50 Watt Menjadi OFF	43
4.2.5. Analisis dan Pengukuran Transistor	44

BAB V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan 47

5.2. Saran..... 47

DAFTAR PUSTAKA 48

LAMPIRAN



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan dunia industri elektronika pada dekade ini begitu pesatnya, seiring dengan ditemukannya perangkat komputer. Sehingga para penggemar elektronika cukup terbantu dalam proses perancangan alat-alat elektronika, baik sistem kontrol, telekomunikasi, robotika, instrumentasi dan sebagainya. Dari keseluruhan sistem ini membutuhkan sumber daya listrik. Adapun ketersediaan sumber daya listrik dapat di peroleh dari layanan listrik negara (PLN). Daya listrik ini dalam bentuk arus bolak-balik. Ketersediaan daya ini dapat dimanfaatkan dalam berbagai hal layanan seperti pesawat televisi, komputer, mesin-mesin motor penggerak di industri dan sebagainya. Hasil penelitian tentang penyetabil tegangan dan arus telah banyak dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya hasil penelitian Haerul Siregar tentang emergency power supply pada tahun 2005.

Oleh karena itu penulis mencoba merancang sebuah alat pembatas arus dengan SCR yang terdiri dari bagian-bagian terpenting adalah : trafo step down, rangkaian regulator stabil dan rangkaian pembanding sebagai pengontrol arus.

1.2 Identifikasi Masalah

Masalah-masalah yang dapat diidentifikasi dalam alat pembatas arus dengan SCR diantaranya adalah:

1. Rangkaian pembatas arus DC.
2. Rangkaian pembanding tegangan.

1.3 Batasan Masalah

Agar rangkaian yang akan dibuat oleh penulis ruang lingkupnya tidak terlalu luas beberapa hal diantaranya:

1. Rangkaian pembatas arus DC dengan SCR yang dapat berkerja dengan batasan arus maksimal 4 ampere.
2. Rangkaian pembanding tegangan yang dapat dibandingkan dengan tegangan pada beban.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan berbagai hal yang telah dikemukakan diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sebuah alat pembatas arus DC dengan SCR ?
2. Bagaimana merancang rangkaian pembanding tegangan ?

1.5 Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan suatu model alat pembatas arus dengan SCR
2. Menambah hasanah ketersediaan alat pembatas arus

1.6 Manfaat

1. Dapat memberikan hasil yang sesuai dengan keperluan pembatas arus
2. Menambah kemampuan penulis untuk menerapkan ilmu yang telah diperoleh dari bangku kuliah.

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat tugas akhir, dan sistematika penulisan tugas akhir ini.

BAB II Landasan Teori

Bagian ini memuat teori-teori yang berhubungan dengan tugas akhir ini.

BAB III Perancangan Alat

Bagian ini menjelaskan objek perancangan serta tahap-tahap perancangan yang dilakukan.

BAB IV Analisis dan Pembahasan

Bagian ini berupa uraian tentang analisis sebuah sistem alat pembatas arus

BAB V Penutup

Bagian ini berupa kesimpulan-kesimpulan dari proses perancangan, implementasi, dan terutama pada analisis kerja sistem.

Bagian ini juga berisi saran-saran yang perlu diperhatikan berdasar keterbatasan-keterbatasan yang ditemukan dan asumsi-asumsi yang dibuat selama melakukan tugas akhir.



BAB II

LANDASAN TEORI

Rangkaian pembatas arus dengan kendali SCR ini dibangun dari beberapa komponen elektronika. Untuk membangun rangkaian ini diperlukan beberapa kajian teori yang dapat menjelaskan atau menjadi acuan kebutuhan rangkaian tersebut. Beberapa komponen dan rangkaian yang dapat digunakan untuk menguraikan rangkaian ini meliputi beberapa bagian yaitu:

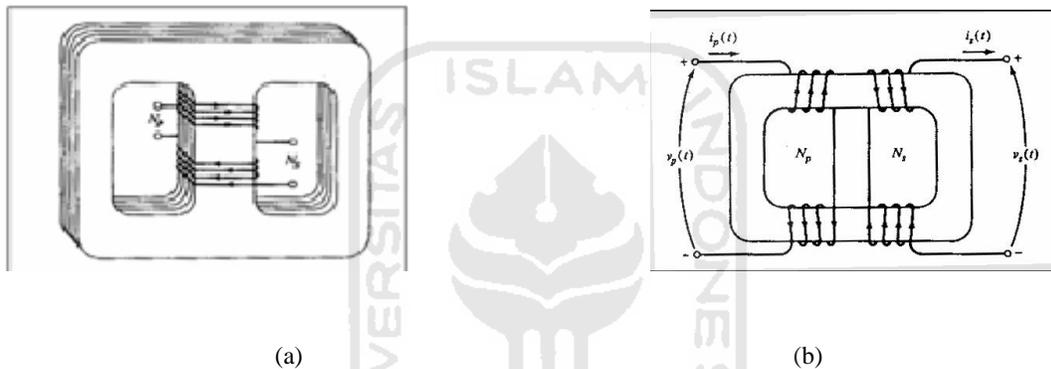
2.1 Transformator

Transformator (trafo) merupakan piranti yang mengubah energi listrik dari suatu level tegangan AC ke level tegangan AC lain melalui gandengan magnet berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Transformator terdiri atas dua atau lebih kumparan yang dililitkan pada inti besi. Secara umum, kumparan-kumparan trafo tidak terhubung secara langsung secara elektrik. Satu-satunya hubungan antara kumparan berupa gandengan fluks magnetik yang berada pada inti besi.

2.1.1 Konstruksi Transformator

Trafo tersusun dari dua atau lebih kumparan yang dililitkan pada inti besi. Kumparan primer adalah kumparan yang terhubung ke sumber. Kumparan sekunder (tersier, dan seterusnya) adalah kumparan yang terhubung ke beban. Berdasar cara melilit pada kumparan inti dikenal dua tipe transformator yaitu tipe inti

(*core type*) dan tipe cangkang (*shell type*). Pada tipe inti, inti berupa batangan segi empat dengan kumparan dililitkan pada dua sisi inti. Sementara inti trafo tipe cangkang terdiri dari tiga lengan dengan kumparan dililitkan pada lengan tengah inti. Inti trafo disusun atas lapisan-lapisan tipis yang diisolasi secara elektrik antara satu lapisan dengan yang lain untuk meminimalkan arus.



Gambar 2.1. Konstruksi trafo (a) tipe cangkang (b) tipe inti

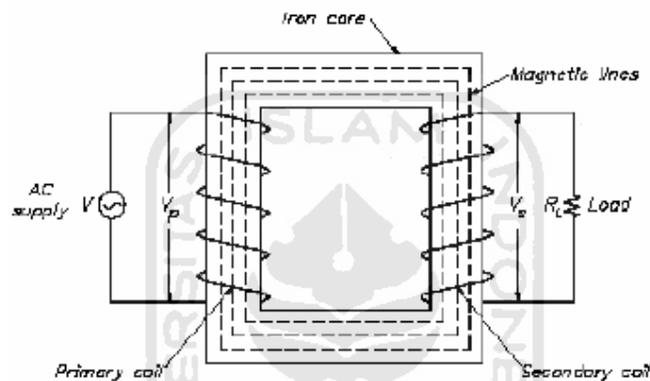
Kumparan primer dan sekunder secara fisik, dililitkan satu di atas yang lain dengan kumparan tegangan rendah berada di sebelah dalam (dekat inti). Susunan mempunyai keuntungan mempermudah isolasi sisi kumparan tegangan tinggi dengan inti dan memperkecil fluks bocor dibandingkan jika kedua kumparan disusun secara terpisah pada inti.

2.1.2 Prinsip Operasi Transformator

Transformator bekerja berdasarkan prinsip energi dapat dipindahkan melalui

induksi magnetik dari satu lilitan ke lilitan lain oleh fluks magnetik yang berubah-ubah. Fluks magnet ini dapat dihasilkan oleh sumber tegangan AC.

Kumparan trafo yang terhubung dengan sumber AC disebut kumparan primer, dan kumparan yang menyalurkan tegangan induksi ke beban disebut kumparan sekunder.



Gambar 2.2 Prinsip kerja transformator

Ketika tegangan bolak-balik diterapkan pada kumparan primer, arus bolak-balik akan mengalir pada kumparan. Arus ini memagnetisasi inti, sehingga pada inti timbul fluks magnet yang nilainya sebanding dengan nilai arus. Karena nilai arus setiap saat berubah-ubah maka besar fluks magnet juga berubah. Fluks bolak-balik akan mengalir pada rangkaian magnetik (inti besi) menginduksikan tegangan pada kumparan primer dan sekunder. Karena kedua kumparan digandeng oleh fluks yang sama, maka tegangan induksi per lilitan adalah sama besarnya. Tegangan induksi ini arahnya berlawanan dengan tegangan yang diterapkan pada kumparan primer.

2.2 Regulator tegangan

Suplai daya tegangan suatu rangkaian elektronik yang berubah-ubah besarnya dapat mengakibatkan fungsi kerja rangkaian yang dicatunya rusak. Jika dari suatu rangkaian elektronik diharapkan suatu kinerja yang lebih baik dan tahan lama, maka salah satu syaratnya adalah menggunakan catu daya yang stabil dan mampu menekan riak semaksimal mungkin.

Catu daya yang stabil dan dapat diukur sebagai regulator. Regulator IC terintegrasi ini lebih menguntungkan baik dari segi kepraktisan, kekompakan, keandalan, maupun biaya. Faktor-faktor keandalan ini selain regilasi lebih baik, regulator IC kebanyakan telah dilengkapi dengan rangkaian termal hubung singkat.

Regulator tegangan IC secara garis besar dibagi menjadi 2 yaitu regulator tetap dan regulator yang dapat diatur. IC regulator tetap yang sekarang ini populer adalah seri 78XX untuk tegangan positif dan seri 79XX untuk tegangan negatif. Regulator seri 78XX tersedia dalam beberapa variasi tegangan keluaran mulai dari 5 Volt sampai 24 Volt. Berikut ini merupakan tabel karakteristik elektrik dari regulator tipe 78XX

Tabel 2.1. Karakteristik elektrik dari regulator tipe 78XX

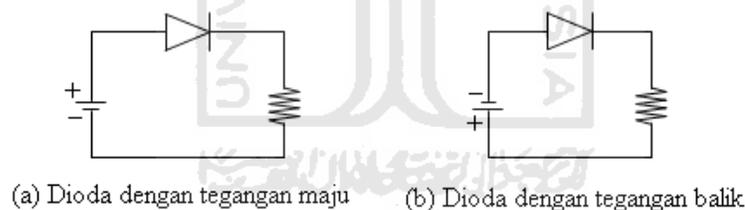
Tipe	Vout (V)	Iout (A)			Vin (V)	
		78XXC	78LXX	78MXX	Min.	Max.
7805	5	1	0.1	0.5	7.5	20
7806	6	1	0.1	0.5	8.6	21
7808	8	1	0.1	0.5	10.6	23
7810	10	1	0.1	0.5	12.7	25
7812	12	1	0.1	0.5	14.8	27
7815	15	1	0.1	0.5	18	30
7818	18	1	0.1	0.5	21	33
7824	24	1	0.1	0.5	27.3	38

Pada prinsipnya pemilihan tegangan masukan tidak boleh terlalu dekat dengan batas minimum karena jika terjadi penurunan tegangan jaringan PLN, tegangan pada transformator skunder akan ikut turun sehingga dapat menyebabkan regulator tidak berkerja. Transformator yang dibebani arus yang terlalu besar atau mendekati arus beban penuh juga menyebabkan tegangan transformator skunder menjadi lebih rendah dari pada yang tertulis pada tabelnya. Sementara pemilihan regulasi masukan yang mendekati batas atas menyebabkan disipasi daya yang terlalu besar pada regulator sehingga dapat menyebabkan regulator panas.

2.3 Dioda

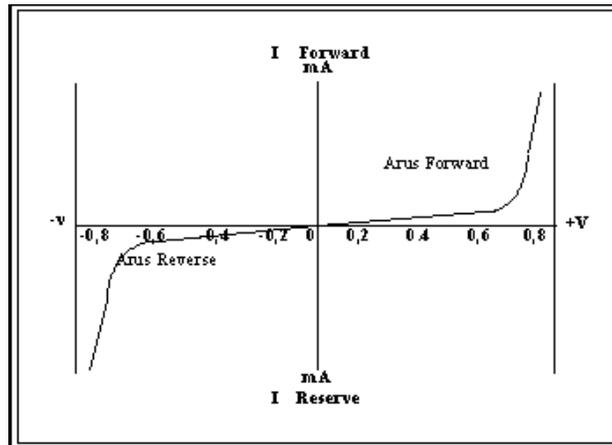
2.3.1 Teori Dioda

Dioda merupakan komponen semikonduktor yang mempunyai dua kaki yaitu anoda dan katoda dan digunakan sebagai penyearah karena hanya dapat dialiri arus dalam satu arah saja. Dioda merupakan salah satu komponen yang tidak tahan terhadap arus yang berlebihan dan apabila terjadi, maka dioda menjadi rusak. Dioda dibuat dari bahan jenis N yang mempunyai kelebihan elektron, disambung dengan bahan jenis P yang mempunyai kekurangan elektron. Bahan jenis N dan P dihasilkan dengan cara “*doping*” pada bahan semikonduktor germanium atau silikon dengan proses kimia, yaitu dengan proses pemanasan agar berfungsi, dan tersambung menjadi susunan kristal tunggal.



Gambar 2.3. Dioda dengan Panjar Maju dan Mundur

Karakteristik dari dioda adalah grafik arus anoda (I) sebagai fungsi dari tegangan anoda-katoda (V). Karakteristik dari dioda dapat dibedakan atas karakteristik arah maju (*forward*) dan arah mundur (*reverse*) yang diperlihatkan pada gambar 2.4 Pada gambar tersebut lonjakan terjadi pada tegangan yang relatif rendah, yaitu antara 0,6 Volt sampai 0,8 untuk bahan silikon dan lonjakan antara 0,2 Volt sampai 0,3 Volt untuk bahan germanium.



Gambar 2.4. Karakteristik Dioda.

Sifat dioda ideal adalah dioda akan mengalirkan arus jika anoda mendapatkan tegangan lebih positif dari pada katoda dan tidak mengalirkan arus jika anoda mendapatkan tegangan lebih negatif dari pada katoda. Apabila anoda lebih positif dari pada katoda maka resistansi dioda sangat kecil (hampir sama dengan nol), dalam keadaan ini dioda dikatakan mendapat tegangan maju.

Berdasar pada kegunaan dan jenis, dioda terbagi menjadi beberapa macam yaitu :

- a) Dioda Penyearah (*rectifier*).

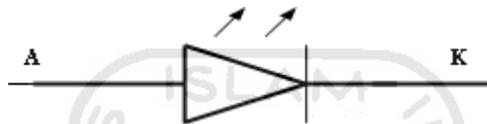
Merupakan dioda yang digunakan untuk menyearahkan tegangan bolak-balik menjadi searah.



Gambar 2.5. Simbol Dioda Penyearah.

- b) Dioda Pemancar Cahaya (LED, *Light Emitting Diode*).

Merupakan dioda yang dapat mengeluarkan cahaya atau sinar, digunakan sebagai indikator . Untuk penggunaan pengendali jarak jauh (*Remote Control*) dipakai dioda emisi infra merah. Dioda ini ini dapat memancarkan gelombang cahaya pada spektrum infra merah. Led infra merah memiliki lensa yang berkualitas tinggi untuk memfokuskan cahaya infra merah sehingga membentuk berkas yang sempit.

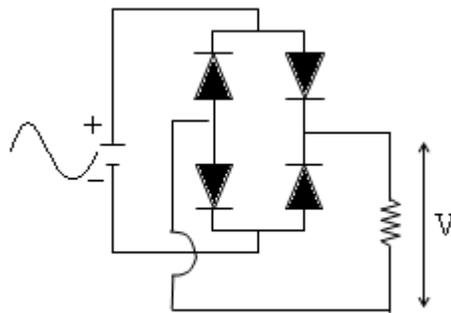


Gambar 2.6. Simbol LED.

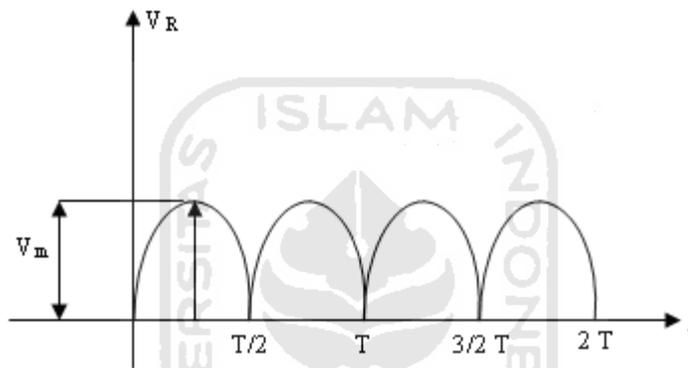
2.3.2 Penyearah dioda

Rangkaian penyearah adalah suatu rangkaian yang mengubah tegangan bolak-balik (ac) menjadi tegangan searah (dc). Bentuk tegangan dc yang keluar bervariasi tingkat kerataannya sesuai dengan rangkaian penyearah yang digunakan. Perbandingan antara tegangan dc yang keluar terhadap tegangan ac yang ikut serta pada hasil outputnya disebut dengan faktor ripple. Semakin kecil faktor riplenya, maka makin baik hasil tegangan dc yang dihasilkan (tegangan dc-nya makin datar).

Dalam penulisan ini mengaplikasikan dioda sebagai penyearah gelombang penuh dengan model jembatan.



(a) Rangkaian penyearah gelombang penuh



(b) Tegangan output yang dihasilkan

Gambar 2.7. Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh dan Tegangan Output

Besarnya tegangan keluaran pada rangkaian penyearah gelombang penuh sistem jembatan adalah seperti persamaan berikut ini:

$$V_{dc} = 0,636 (V_m - 2V_d) \quad (2.1)$$

$$I_{dc} = 0,636 I_m \quad (2.2)$$

Keterangan :

I_{dc} = Arus beban DC

I_m = Arus maksimum

V_d = Tegangan rata – rata

V_m = Tegangan maksimum

2.4. SCR (Silicon Controlled Rectifier)

SCR adalah komponen semikonduktor yang merupakan salah satu bagian dari keluarga *Thyristor*. SCR merupakan keluaran pertama dari keluarga *Thyristor*. Anggota *Thyristor* yang lain umumnya mengikuti karakteristik SCR.

SCR lebih banyak dikenal dan dipakai dibandingkan anggota *Thyristor* yang lain. SCR hanya mengalir dari arus anoda ke katoda (atau sering disebut *unidirectional device*) dan mempunyai tiga terminal buah (anoda, katoda dan gerbang).

Thyristor mempunyai 4 klasifikasi, yaitu :

1. Reverse blocking triode thyristor (mempunyai satu gerbang). Contoh :
 - a. Silicon Controlled Rectifier (SCR)
 - b. Silicon Unilateral Switch (SUS)
 - c. Light Activated Silicon Controlled Rectifier (LASCR)
 - d. Complementary SCR
 - e. Gate turn-off switch (GTO) atau dikenal juga sebagai latching transistor
 - f. Programmable Unijunction Transistor (PUT)

2. Reverse blocking triode thyristor (mempunyai dua gerbang). Contoh : Silicon Controlled Switch (SCS).
3. Reverse blocking diode thyristor (tidak mempunyai gerbang). Contoh : Shockley diode.
4. Bidirectional triode thyristor (dapat dipicu oleh suatu pulsa gerbang positif atau negatif). Contoh :
 - a. TRIAC
 - b. Silicon Bilateral Switch (SBW)

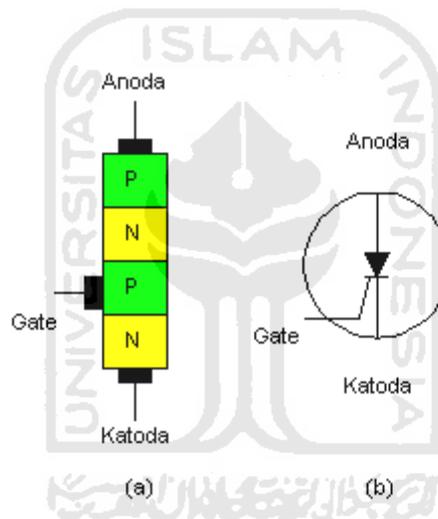
SCR mempunyai keunggulan dibandingkan dengan transistor. SCR dapat diaktifkan oleh suatu pulsa / sinyal yang dipicu ke bagian gerbang dalam waktu yang singkat, sedangkan transistor harus diaktifkan oleh suatu sinyal secara terus menerus.

SCR pertama kali dibuat dan diperkenalkan oleh sarjana-sarjana Bell Telephone Laboratory. Penerapan SCR umumnya pada : kontrol relay, rangkaian penunda waktu, penyedia daya terkontrol, saklar statik, kontrol motor, pemenggal, pengubah, pengisi baterai, rangkaian pengamanan, kontrol pemanas, dan kontrol fase.

Pada rancangan alat pembatas arus ini, peranan SCR adalah sebagai penyambung dan pemutus arus.

2.4.1 Simbol dan karakteristik SCR

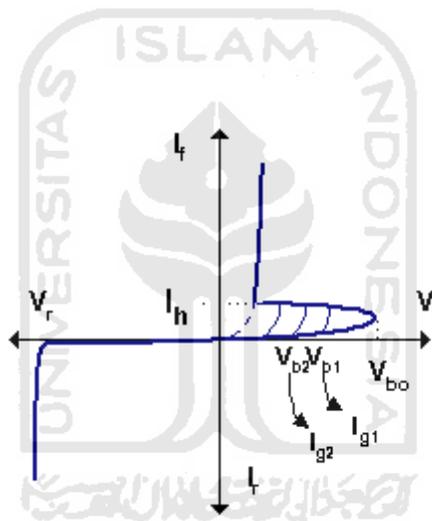
Struktur dari SCR terdiri dari 4 lapisan tipe p dan tipe n yang bergantian dan terbuat dari bahan dasar silikon. Silikon dipilih sebagai bahan dasar SCR karena ketahanan terhadap suhu yang relatif tinggi dan juga kemampuannya untuk menangani daya yang cukup besar. Susunan dasar SCR diperlihatkan dalam gambar 2.8.(a) sedangkan simbol pada rangkaian SCR diperlihatkan dalam gambar 2.8.(b).



Gambar 2.8. (a) Susunan dasar SCR dan (b) Simbol SCR

Seperti terlihat pada Gambar 2.9. (a) dan (b), SCR mempunyai 3 terminal, yaitu: terminal anoda, terminal katoda, dan terminal gerbang (*gate*). Terminal gerbang digunakan untuk mengendalikan tegangan mulai pindah dari anoda ke katoda.

Pada dioda biasa, jika anoda diberi tegangan positif terhadap katoda, maka akan terjadi aliran arus dari anoda menuju katoda. Tetapi pada SCR, pemberian tegangan semacam itu tidaklah cukup untuk menyebabkan aliran arus. Agar terjadi aliran arus dari anoda ke katoda, disamping tegangan positif pada anoda, pada gerbang haruslah diberi tegangan sehingga timbul arus gerbang (I_G). Tegangan pada gerbang dan arus gerbang (I_G) tidak perlu kontinyu, cukup berupa pulsa.



Gambar 2.9. Karakteristik volt-ampere dari sebuah SCR.

Gambar 2.9. adalah karakteristik volt-ampere dari sebuah SCR yang menunjukkan berbagai arus gerbang. Tegangan anoda–katoda merupakan fungsi dari arus gerbang, dimana tegangan anoda–katoda akan menurun dengan dinaikannya arus gerbang dan menaik dengan diturunkannya harga arus gerbang.

Tampak bahwa watak SCR seperti watak dioda biasa, kecuali pada daerah sebelum SCR ON. Dari watak ini nampak bahwa jika $I_G = 0$ dan tegangan antara anoda dan katoda (V_{AK}) dinaikkan, maka pada suatu nilai V_{AK} tertentu, SCR akan ON, tegangan V_{AK} akan menurun. Jika $I_G > 0$ tetapi belum menyebabkan SCR ON pada tegangan V_{AK} rendah, maka V_{AK} yang diperlukan untuk membuat SCR ON akan lebih rendah daripada V_{AK} yang diperlukan untuk meng-on-kan SCR pada $I_G = 0$. Besar tegangan yang menyebabkan SCR menjadi ON sering disebut tegangan mulai pindah (*breakover voltage*).

Besar arus gerbang yang menyebabkan SCR menjadi ON dipengaruhi juga oleh suhu keliling (*ambient temperature*). Apabila suhu keliling turun, maka arus gerbang yang dipakai untuk memicu SCR akan lebih besar. Sebaliknya apabila suhu keliling naik, maka arus gerbang yang diperlukan menjadi lebih kecil.

Proses pergantian keadaan SCR memakan waktu berhingga. Apabila suatu sinyal pembangkit dipicukan pada gerbang untuk mengaktifkan SCR, suatu interval waktu, yang disebut waktu pengaktifan, berlangsung sebelum perpindahan keadaan tersebut selesai. Waktu pengaktifan ini akan menurun dengan kenaikan amplitudo sinyal pembangkit, menaik dengan kenaikan temperatur, dan menaik dengan kenaikan arus anoda. Apabila sinyal pembangkit berupa pulsa, maka supaya efektif, tidak hanya amplitudo pulsa harus memadai, tapi juga lamanya pulsa harus sekurang-kurangnya sepanjang suatu nilai kritis yang disebut waktu gerbang untuk bertahan.

Apabila tidak demikian, maka pada saat ahir dari pulsa gerbang tersebut, SCR akan kembali lagi pada keadaan semula. Hal serupa berlaku juga untuk pembangkitan peralihan ke keadaan OFF dengan jalan menurunkan tegangan anoda. Tegangan anoda sekurang-kurangnya harus turun dibawah tegangan penahan (V_H). Akan tetapi apabila tegangan anoda diberi dalam arah yang berlawanan, maka waktu mati (turn off) akan berkurang. Waktu mati akan naik dengan bertambahnya temperatur, demikian pula dengan bertambahnya arus anoda. Selanjutnya, tegangan anoda harus dibuat berada dibawah tegangan penahanan (V_H) untuk suatu interval waktu, sekurang-kurangnya selama suatu besaran kritis yang disebut waktu pemulihan gerbang, apabila diinginkan perpindahan terus berlangsung sesudah tegangan naik.

Dalam sistem-sistem yang cepat, semua interval waktu berada dalam jangkauan persepuluh mikrosekond, sedangkan dalam sistem-sistem yang lambat, waktu tersebut dapat mencapai beberapa mikrosekond. Pada umumnya, waktu yang diperlukan untuk mematikan (*keadaan off*) lebih lama daripada waktu pengaktifan (*perpindahan ke keadaan on*).

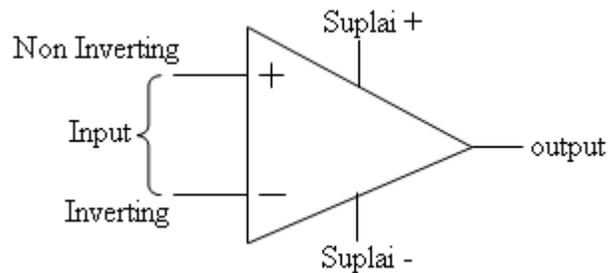
2.5 Penguat Operasional (Op-Amp)

Penguat operasional (*op-amp*) merupakan kumpulan puluhan transistor dan resistor dalam bentuk satu chip IC. Op-amp merupakan komponen aktif linier yang merupakan penguat gandeng langsung (*direct coupling*), dengan penguatan terbuka (*open gain*) yang sangat besar dan dapat dipakai untuk menjumlahkan, mengalikan,

membagi, mendiferensialkan, serta mengintegalkan tegangan listrik. IC *op-amp* sering dipakai untuk perhitungan-perhitungan analog, instrumentasi, maupun berbagai macam aplikasi kontrol.

Pada saat *op-amp* dalam rangkaian terbuka dihubungkan dengan catu daya, secara otomatis akan dihasilkan penguatan tegangan tak terhingga. *op-amp* memiliki lebar pita tak terhingga untuk semua frekuensi. Suatu *op-amp* ideal seharusnya memiliki respon yang sama untuk semua frekuensi masukan. Tetapi secara praktis hal ini tidak akan terjadi dalam praktek karena Op-amp hanya akan merespon hingga batas frekuensi tertentu saja. Op-amp memiliki fasilitas pengaturan *input offset voltage*. Pengaturan ini perlu dilakukan jika dalam aplikasi tertentu saluran keluaran *op-amp* dituntut harus mampu menghasilkan nilai tegangan keluaran $0 V_{DC}$ pada saat nilai tegangan disaluran masukannya bernilai sama. Disamping itu *op-amp* memiliki karakteristik internal yang tidak akan berubah menurut suhu ruangan. Karakteristik internal hanya akan berubah jika suhu ruangan melampaui batas toleransi kemasan atau pada saat *op-amp* mengalami *over gain* akibat pemakaian tegangan catu daya yang berlebihan.

IC Op-Amp bisa digunakan dalam banyak aplikasi elektronika, seperti rangkaian pengkondisian sinyal (*signal conditioning*) penguat *inverting*, penguat *non-inverting*, filter aktif, dan sebagainya. Op-Amp mempunyai kemampuan untuk mengindra dan memperkuat sinyal masuk baik arus bolak-balik maupun arus searah. Simbol dari Op-Amp ditunjukkan dalam gambar 2.10. di bawah ini.



Gambar 2.10. Simbol Op-Amp

Keuntungan-keuntungan pada Op-Amp, yaitu bentuknya kecil, murah, rentang temperatur yang lebar, serta *offset* yang rendah baik tegangannya maupun arusnya.

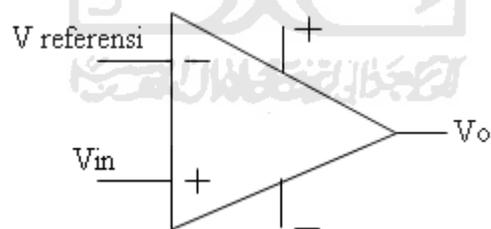
Penguat operasional banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena beberapa keunggulan yang dimilikinya, seperti penguatan yang tinggi, impedansi masukan yang tinggi, impedansi keluaran yang rendah dan lain sebagainya. Berikut ini adalah karakteristik dari op-amp ideal:

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

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*.

Op-Amp sebagai Pembanding (komparator)

Pada prinsipnya, Op-Amp menguatkan perbedaan tegangan yang terdapat diantara kedua masukannya. Op-Amp sebagai komparator tegangan keluaran maksimum hanya akan berada sekitar 1 atau 2 volt di bawah tegangan catu. Hal ini disebabkan oleh tegangan kolektor emitor transistor keluaran di dalam Op-Amp. Gambar di bawah ini menunjukkan skema dasar Op-Amp sebagai komparator.



Gambar 2.11. Skema Dasar Komparator

Persamaan dasar komparator adalah sebagai berikut:

$$V_o = +V - 1 \text{ volt jika } V_{in} > V_{ref} \quad (2.3)$$

$$V_o = -V + 1 \text{ volt jika } V_{in} < V_{ref} \quad (2.4)$$

Komparator secara luas digunakan dalam penerapan yang membutuhkan penginderaan atau pendeteksian level. Ciri dari komparator adalah bekerja tanpa umpan balik, jadi dengan kondisi penguatan penuh atau penguatan terbuka.

2.6 Relay

Relay adalah suatu peralatan elektronik yang berfungsi untuk memutuskan atau menghubungkan suatu rangkaian elektronik yang satu dengan rangkaian elektronik yang lainnya, contoh pada rangkaian pengontrol motor yang menggunakan relay. Pada dasarnya relay adalah saklar elektromagnetik yang bekerja apabila arus mengalir melalui kumparan, inti besi akan menjadi magnet dan akan menarik kontak-kontak relay. Kontak-kontak dapat ditarik apabila garis magnet dapat mengalahkan gaya pegas yang melawanya.

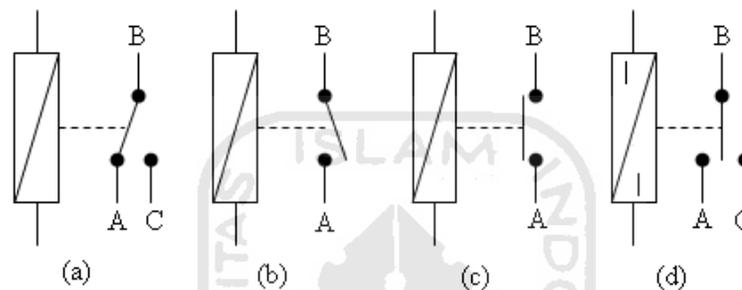
Besarnya gaya magnet yang ditetapkan oleh medan yang ada pada celah udara pada jangkar dan inti magnet, dan banyaknya lilitan kumparan, kuat arus mengalir atau disebut dengan inperal lilitan dan pelawanan magnet yang berada pada sirkuit pemagnetan. Untuk memperbesar kuat medan magnet dibentuk suatu sirkuit.

Kontak-kontak atau kutub-kutub dari relay umumnya memiliki tiga dasar pemakaian yaitu:

1. Bila kumparan dialiri listrik maka kontaknya akan menutup dan disebut sebagai kontak *Normally Open* (NO).
2. Bila kumparan dialiri arus listrik maka kontaknya akan membuka dan disebut dengan kontak *Normally Close* (NC).

3. Tukar-sambung (*Change Over/CO*), relay jenis ini mempunyai kontak tengah yang normalnya tertutup tetapi melepaskan diri dari posisi ini dan membuat kontak dengan yang lain bila relay dialiri listrik.

Berikut ini memperlihatkan beberapa bentuk kontak dari sebuah relay:



Gambar 2.12. Simbol-simbol Relay, (a) Relay Kontak Tukar, (b) Relay Kontak Hubung, (c) Relay Kontak Lepas, (d) Relay Dua Kutub

Sifat-sifat relay yaitu:

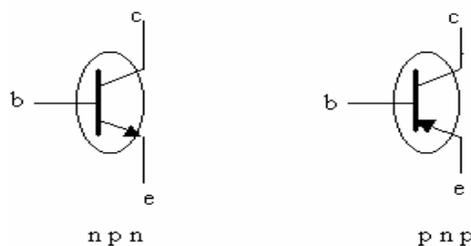
1. Impedansi kumparan, biasanya impedansi ditentukan oleh tebal kawat yang digunakan serta banyaknya lilitan. Biasanya impedansi berharga 1 - 50 K Ω guna memperoleh daya hantar yang baik.
2. Kuat arus yang digunakan untuk menggerakkan relay, biasanya ini diberikan oleh pabrik. Relay dengan perlawanan kecil memerlukan arus besar sedangkan relay dengan perlawanan besar memerlukan arus yang kecil
3. Tegangan yang diperlukan untuk menggerakkan relay
4. Daya yang diperlukan untuk mengoperasikan relay besarnya sama dengan nilai tegangan dikalikan arus

5. Banyaknya kontak-kontak jangkar dapat membuka dan menutup lebih dari satu kontak sekaligus tergantung pada kontak dan jenis relainya. Jarak antara kontak-kontak menentukan besarnya tegangan maksimum yang diizinkan antara kontak tersebut.

2.7 Transistor

Transistor merupakan komponen elektronika aktif yang tersusun atas bahan semikonduktor dan mempunyai tiga bagian pokok yaitu: emitor, basis dan kolektor. Kolektor dan emitor memiliki bahan yang sama yaitu negatif atau positif dan basis mempunyai jenis yang berlawanan, yaitu jika kolektor dan emitor dari bahan jenis N maka basisnya berupa bahan P, begitu sebaliknya. Terdapat dua tipe transistor yaitu PNP dan NPN yang menunjukkan arah arus pada masing-masing tipe pada terminal emitornya yang ditunjukkan dengan anak panah. Didalam rangkaian elektronik transistor berfungsi sebagai penguat arus, pembangkit getaran, *buffer*, *switch* dan lain-lain.

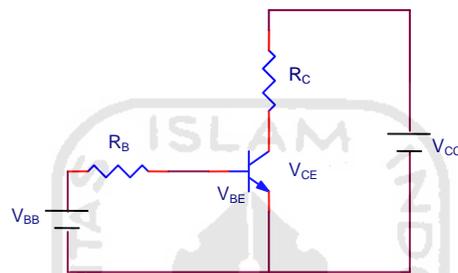
Berikut ini adalah simbol transistor:



Gambar 2.13 Simbol Transistor

Beberapa fungsi transistor yaitu dapat digunakan sebagai rangkaian *driver* atau sebagai saklar. Rangkaian *driver* merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk menggerakkan peralatan lain yang membutuhkan arus atau tegangan tertentu.

Gambar 2.14 memperlihatkan contoh *driver*, kaki basis transistor dengan memberi pulsa rendah (0) dan pulsa tinggi (1).



Gambar 2.14 Rangkaian Penguat Sinyal

Gambar diatas memperlihatkan bahwa V_{BB} akan memberi tegangan maju kepada dioda basis emitor melalui resistor R_B . Untuk transistor silikon V_{BE} berkisar antara 0,6 – 0,7 volt. Arus basis dan kolektor dapat dicari dengan persamaan dibawah ini:

$$V_{BB} - (I_B \cdot R_B) - V_{BE} = 0$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \quad (2.8)$$

Dengan,

V_{BB} : tegangan bias basis (Volt),

V_{BE} : tegangan basis emitor (Volt),

R_B : resistor pada basis (Ohm),

I_B : arus basis (Ampere).

Arus kolektor didapat dengan persamaan seperti berikut.

$$I_C = \beta \cdot I_B \quad (2.9)$$

Dengan,

I_C : arus kolektor (Ampere),

β : faktor penguat transistor.

Arus kolektor diatas akan menimbulkan tegangan sebesar $I_C \times R_C$ pada resistor.

Sehingga tegangan emitor kolektor menjadi seperti persamaan berikut:

$$V_{CC} - I_C \cdot R_C - V_{CE} = 0 \quad (2.10)$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C \quad (2.11)$$

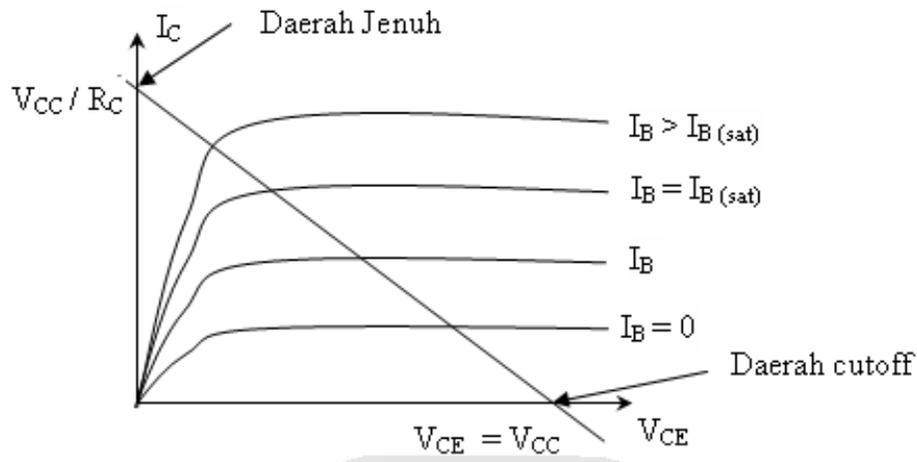
Dengan,

V_{CE} : tegangan kolektor emitor (Volt),

V_{CC} : tegangan sumber (Volt),

R_C : resistor pada kolektor (Ohm).

Persamaan diatas menunjukkan V_{CC} dan R_C adalah konstanta, V_{CE} dan I_C adalah variable. Rangkaian kolektor, sumber tegangan V_{CC} membias *reverse* diode kolektor melalui R_C . Pada gambar 2.16 dilukiskan titik potong antara garis beban DC dan *kurva* karakteristik $I_C - V_{CE}$.



Gambar 2.15 Kurva karakteristik $I_C - V_{CE}$.

Garis beban DC mempunyai titik potong dengan sumbu I_C , pada keadaan ini besarnya I_C maksimum yaitu sama dengan V_{CC} / R_C untuk $V_{CE} = 0$ sedangkan perpotongan pada sumbu V_{CE} menandakan V_{CE} pada nilai maksimum sama dengan V_{CC} untuk $I_C = 0$. titik (*cut off*) terjadi pada saat $V_{CE} = V_{CC}$ dan $I_B = 0$, sedangkan titik jenuh (saturasi) adalah titik potong kurva I_B pada ujung teratas pada garis beban DC. Pada keadaan ini I_C dan V_{CE} dalam keadaan jenuh. I_C pada titik ini diperoleh pada persamaan berikut.

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{R_C} \quad (2.12)$$

BAB III

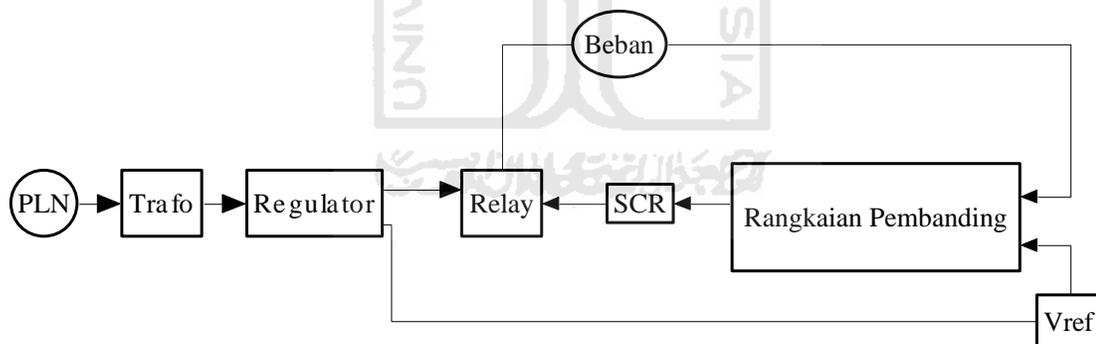
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN RANGKAIAN

3.1 Konsep Perancangan

Perancangan alat penyedia daya/ arus yang dirancang ini berkemampuan menyuplai arus dengan batas maksimal 4 Ampere. Rangkaian pembatas arus ini terdiri dari 3 rangkaian pokok yaitu :

1. Catu rangkaian
2. Catu beban

Susunan bagian-bagian tersebut secara garis blok diagram sebagai berikut:



Gambar 3.1 Blok Diagram Rangkaian

Dari blok diagram maka dilakukan pemilihan bahan atau komponen sebagai berikut :

Pemilihan bahan/komponen antara lain :

1. Transformator step down, 220 V/12 v 5 A.
2. Penyearah dioda tipe 1N 5402.

3. Ic regulator LM 7805.
4. Transistor 2N 9012.
5. Kondensator 2200 μF / 25 V.
6. Kondensator 220 μF / 10 V
7. Kondensator 100 μF / 16 V.
8. Ic LM 339.
9. SCR 2P4M.
10. Relay 12 V / 150 mA.
11. Resistor.

3.2 Catu rangkaian

Rangkaian ini memerlukan catu daya. Catu daya merupakan salah satu bagian yang sangat penting sebagai suplai tegangan dan arus ke rangkaian, sehingga alat ini dalam keadaan aktif dapat berkerja. Catu daya yang digunakan sebesar 6 Vdc. Rangkaian ini juga menggunakan trafo 500 mA dengan tegangan 5V. Tegangan sumber AC 220 V diturunkan tegangannya menggunakan transformator penurun tegangan, Kemudian keluaran tegangan dari transformator tadi disearahkan menggunakan dioda. Tegangan dc dari keluaran dioda disaring menggunakan kapasitor yang berfungsi untuk memperkecil tegangan riak. Regulator yang digunakan adalah IC lm 7805 dengan tegangan keluaran sebesar 5 V yang digunakn untuk mencatu rangkaian komparator LM 339. Untuk penyearah dioda digunakan dioda yang berkemampuan 5 A dan Ic regulator. Arus maksimalnya 1 A. Agar arus

maksimal 4 A dipilih sebuah transistor seri 2N 9012. Arus kolektor maksimum 4 Ampere diusahakan factor Riaknya (Ripple Factor) serendah-rendahnya.

Rumus faktor riak

$$r = \frac{1}{4\sqrt{3}} \frac{1}{f \cdot C \cdot R_L} \quad (3.1)$$

Untuk memperoleh hasil keluaran arus yang stabil dipilih I_C regulator

$$V_L = I_L R_L \quad (3.2)$$

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} \quad (3.3)$$

R_L = beban lampu

Daya untuk keluaran

$$P = V_L \cdot I_L = I_L^2 \cdot R_L \quad (3.4)$$

Keterangan rumus :

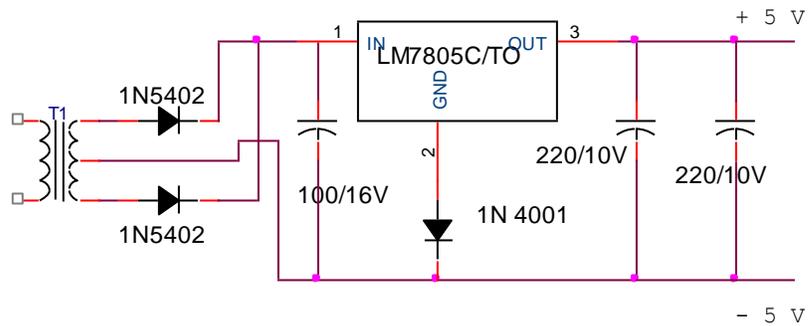
r = Factor ripple

f = Frekwensi, Hz

R = Hambatan, Ohm

I_L = Arus beban, Ampere.

V_L = Tegangan beban, Volt.

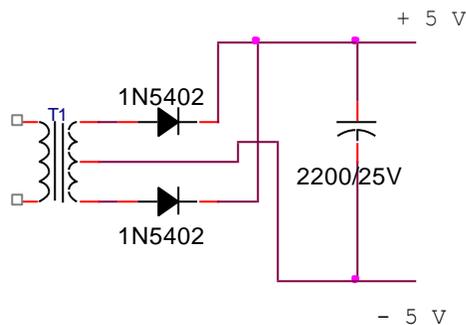


Gambar 3.2. Catu rangkaian

3.3 Catu beban

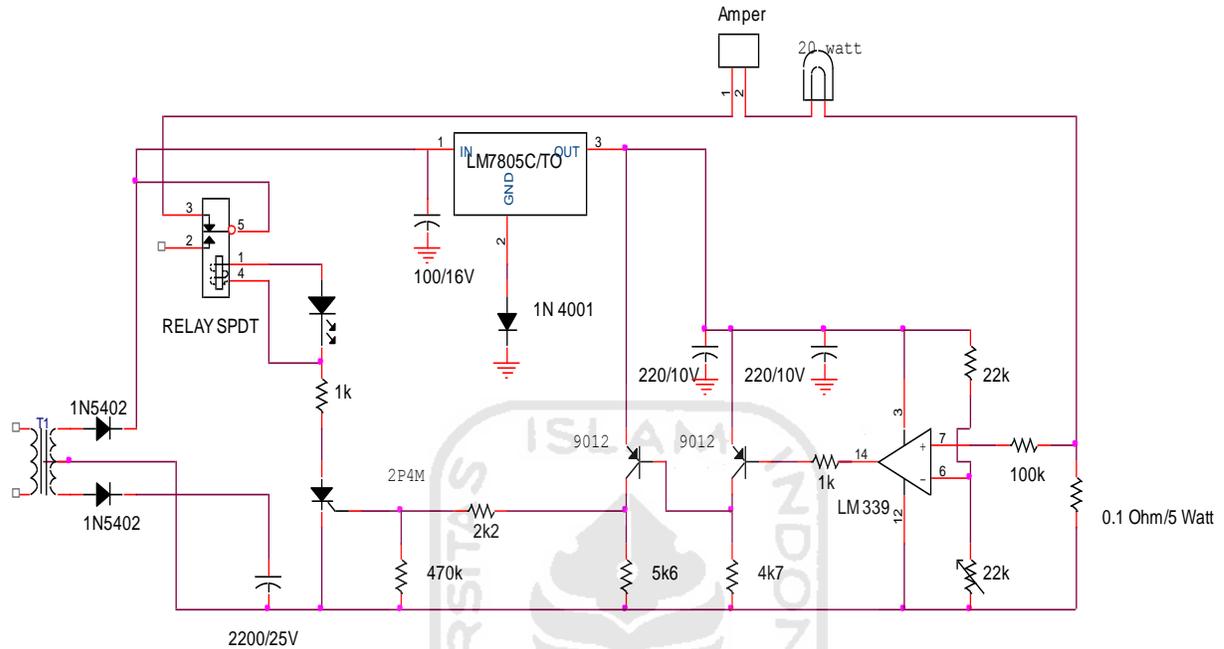
Untuk catu beban yang digunakan dalam rangkaian ini adalah rangkaian (ac) to (dc). Dioda digunakan sebagai penyearah dari tegangan bolak balik menjadi tegangan searah dengan menggunakan rangkaian penyearah gelombang. Dari penyearah kemudian menghasilkan tegangan 12 Vdc. Fungsinya agar tegangan keluaran 12 Vdc tidak berubah apabila mendapatkan tegangan masukan lebih.

Agar hasil tegangan selalu konstan pada tegangan 12 Vdc maka dibantu dengan kapasitor yang dirangkai yang fungsinya dalam rangkaian regulator ini sebagai filter.



Gambar 3.3 Catu beban

3.4 Rangkaian pembatas arus lengkap

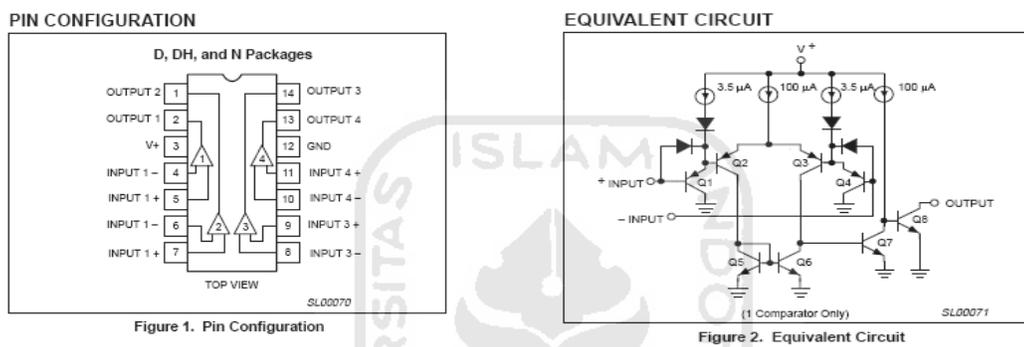


Gambar 3.4 Rangkaian pembatas arus

Rangkaian ini menggunakan beberapa komponen untuk dapat mengaktifkan rangkaian pembanding tegangan. Dalam pengoperasiannya rangkaian ini menggunakan SCR sebagai saklar untuk meng-off kan relay yang terhubung dengan beban. SCR tersebut akan aktif dengan tegangan tertentu. Untuk mengaktifkan SCR diperoleh dari output comparator yaitu perbandingan antara tegangan inverting dan tegangan non inverting. Tegangan inverting berasal dari catu daya dengan tegangan sebesar 5 V, untuk mendapatkan hasil perbandingan tegangan yang diinginkan maka pada input comparator inverting dipasang potensiometer sebagai pengatur besar kecilnya tegangan. Untuk tegangan non inverting berasal dari catu daya dengan tegangan 12 V berfungsi juga sebagai catu beban.

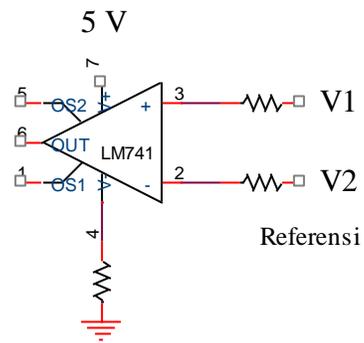
3.5 Rangkaian Komparator

Kegunaan rangkaian adalah untuk membandingkan tegangan yang diketahui dengan tegangan yang tidak diketahui. Pemilihan Ic tidak terlalu sulit karena tegangan yang dibandingkan kecil. Dipilih suatu Ic op-amp tipe LM 339 dengan karakteristik :



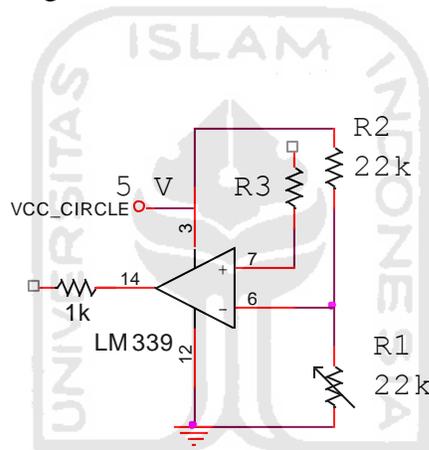
Gambar 3.5 Karakteristik LM 339

1. Tegangan catu dari $2 V_{dc}$ – $32 V_{dc}$.
2. Arus drain yang dibutuhkan rendah 0,8 mA tidak tergantung tegangan catu.
3. Arus bias input rendah 25 nA.
4. Arus offset input rendah ± 5 nA dan tegangan offset.
5. Tegangan output kompak dengan TTL, DTL
6. Tegangan jenuh output rendah 250 mV pada 4 mA



Gambar 3.6 Rangkaian dasar pembanding tegangan

Rancangan rangkaian seperti gambar dibawah ini

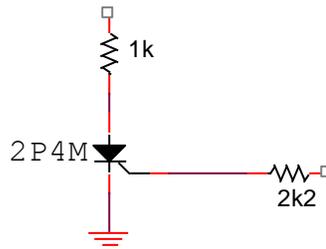


Gambar 3.7. Rangkaian pembanding tegangan

$$V_{ref} = \frac{R1}{R1 + R2} \cdot V_{cc} \quad (3.5)$$

$$\frac{22}{22 + 22} \cdot 5 = 2.5 \text{ V}$$

3.6 Rangkaian Pensaklaran SCR (*Silicon Control Rectifier*)



Gambar 3.8. Rangkaian pensaklaran dengan SCR

Sistem pensaklaran yang dirancang ini berdasarkan metode switching dengan memanfaatkan SCR tipe 2P4M. SCR memiliki symbol mirip dengan dioda mempunyai kutub anoda dan katoda. SCR memiliki terminal tambahan yang disebut gerbang atau *gate*. SCR akan berkonduksi jika dibiaskan secara biasa, yaitu jika anoda lebih positif dari katoda, sedangkan SCR tidak akan berkonduksi bila dibiaskan terbalik. Namun SCR tidak akan berkonduksi dalam arah biasa kecuali bila arus melewati gerbangnya.

Tegangan akan jatuh menjadi kecil dan ada arus yang mengalir. Pada saat ini SCR mulai berkonduksi dan ini adalah daerah III. Arus yang terjadi pada saat SCR konduksi, dapat disebut sebagai arus genggam. ($I_H = \textit{holding current}$), dan nilainya sangat kecil. Pada alat pembatas arus ini menggunakan SCR jenis 2P4M karena sangat sensitive terhadap tegangan. SCR pada jenis ini akan bekerja bila ada

tegangan melebihi 0,7 Volt dalam 1 μ detik. Setelah SCR terpacu maka relay pun akan aktif dan memutuskan sumber arus dari rangkaian yang diamankan.

Rumus tegangan masukan untuk memicu SCR :

$$V_{in} = V_{GT} + I_{GT} R_L \quad (3.6)$$

Rumus mereset SCR :

$$V_{CC} = V_{GT} + I_H R_L \quad (3.7)$$

Keterangan rumus :

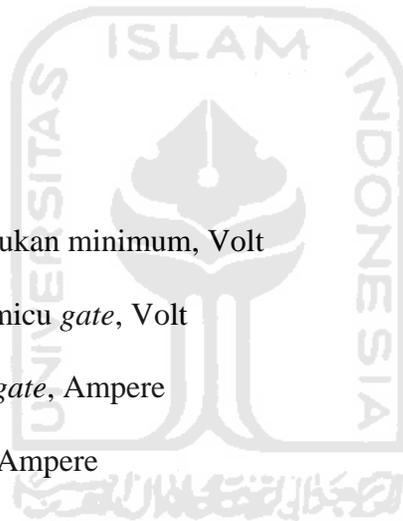
V_{in} = Tegangan masukan minimum, Volt

V_{GT} = Tegangan pemacu *gate*, Volt

I_{GT} = Arus pemacu *gate*, Ampere

I_{HL} = Arus *holding*, Ampere

R_L = Hambatan beban, Ohm.



BAB IV

PENGAMATAN DAN ANALISIS

Tujuan pengamatan ini adalah untuk mengetahui kinerja dari rangkaian yang telah dibuat yang meliputi kinerja tiap bagian maupun kinerja rangkaian secara keseluruhan, apakah rangkaian ini sudah bekerja sebagaimana mestinya, yaitu dengan cara memberikan beban yang bervariasi untuk mengetahui perbedaan besarnya arus yang dapat dibatasi pada setiap beban.

4.1 Pengamatan dan Pengukuran

Pengamatan dan pengukuran pada bab ini dilakukan dengan mengamati kondisi lampu saat hidup dan saat kondisi mengubah tegangan input comparator dengan menggunakan potensiometer.

4.1.1 Pengukuran Tegangan dan Arus pada Kondisi Normal dengan Beban 20 Watt

Pengukuran pada Op-amp ditekankan pada kaki 6 (tegangan input), kaki 7 (tegangan referensi), kaki 14 (tegangan output), arus pada beban dengan beban 20 watt. Sedangkan pengukuran pada transistor ditekankan pada tegangan basis, tegangan kolektor, dan tegangan emitor. Data yang diperoleh dari pengukuran Op-amp dan transistor ditunjukkan pada table 3.

Tabel 4.1. Pengukuran tegangan dan arus pada kondisi normal dengan beban

20 watt

Op- Amp	Input			Arus beban	lampu	Beban (W)	Setting (A)	V Transistor		
	V1 (-)	V2 (+)	Output					V _B	V _C	V _E
1	2,5 V	2,7 V	-0,2 V	1,66 A	ON	20	1,6	5 V	4,2V	5 V

4.1.2 Pengukuran Tegangan dan Arus pada Kondisi Normal dengan Beban 50 Watt

Pengukuran pada Op-amp ditekankan pada kaki 6 (tegangan input), kaki 7 (tegangan referensi), kaki 14 (tegangan output), arus pada beban dengan beban 50 watt. Sedangkan pengukuran pada transistor ditekankan pada tegangan basis, tegangan kolektor, dan tegangan emitor. Data yang diperoleh dari pengukuran Op-amp dan transistor ditunjukkan pada table 4

Tabel 4.2. Pengukuran tegangan dan arus pada kondisi normal dengan beban

50 watt

Op- Amp	Input			Arus beban	Lampu	Beban (W)	Setting (A)	V Transistor		
	V1 (-)	V2 (+)	Output					V _B	V _C	V _E
1	1,5 V	2,5 V	-1 V	4,1 A	ON	50	4,1	4,2 V	5V	5 V

4.1.3 Pengukuran Saat Mendapatkan Batasan Arus agar Beban 20 Watt Menjadi OFF

Cara mensetting arus adalah dengan mengatur potensiometer untuk mendapatkan tegangan masukan ke input inverting V (1) sebagai tegangan referensi. Tegangan V (1) dapat diatur atau diubah-ubah untuk mendapatkan settingan arus yang diinginkan dengan menggunakan beban 20 watt

Tabel 4.3 Pengukuran saat mendapatkan batasan arus agar beban 20 watt menjadi OFF

Op- Amp	Input			Arus beban	lampu	Beban (W)	Setting (A)	V Transistor		
	V1(-)	V2(+)	Out put					V _B	V _C	V _E
1	3,2 V	2,7 V	+ 0,95	0	OFF	20	1,8	5 V	4,2V	5 V

4.1.4 Pengukuran Saat Mendapatkan Batasan Arus agar Beban 50 Watt Menjadi OFF

Cara mensetting arus adalah dengan mengatur potensiometer untuk mendapatkan tegangan masukan ke input inverting V (1) sebagai tegangan referensi. Tegangan V (1) dapat diatur atau diubah-ubah untuk mendapatkan settingan arus yang diinginkan dengan menggunakan beban 50 watt.

Tabel 4.4. Pengukuran saat mendapatkan batasan arus agar beban 50 watt menjadi OFF

Op- Amp	Input			Arus beban	lampu	Beban (W)	Setting (A)	V Transistor		
	V1(-)	V(+)	Out put					V _B	V _C	V _E
1	3,06 V	2,5 V	0,9 V	0	OFF	50	4,4	4,2 V	5V	5 V

4.2 Analisa Pengamatan

Dari hasil pengujian rangkaian pembatas arus memiliki hasil pengukuran yang hampir sama hanya dibedakan dengan besarnya beban yang digunakan

4.2.1 Pengukuran Rangkaian dengan Beban 20 watt

Saat kondisi ON tegangan referensi pada V1 = + 2,5 V, dan tegangan V2 = + 2,7 V maka output comparator = -0,2 V dan ini masih terlalu kecil untuk memicu SCR maka pada kondisi lampu masih menyala. Kemudian pada saat potensiometer disetting untuk mendapatkan arus maksimal sebelum lampu OFF hal ini menyebabkan tegangan di V1 pada settingan 1,8 Ampere naik menjadi + 3,2 V dan melebihi tegangan di V2 = + 2,7 V sehingga tegangan output comparator akan naik juga menjadi + 0,95 V akan memicu *gate* SCR, dan SCR akan memicu relay untuk

memutuskan arus yang menuju ke beban. Bila settingan arus melebihi 1.66 Ampere maka lampu akan mati.

4.2.2 Pengukuran Rangkaian dengan Beban 50 watt

Saat kondisi lampu ON tegangan referensi pada $V_1 = + 1,5 \text{ V}$ dan tegangan $V_2 = + 2,5 \text{ V}$ maka output komparator = -1 V dan masih terlalu kecil untuk memicu SCR maka pada kondisi ini lampu masih menyala. Kemudian pada saat potensio meter disetting untuk mendapatkan arus maksimal sebelum lampu OFF hal ini menyebabkan tegangan di V_1 pada setinggan 4,4 Ampere naik menjadi $+3,06 \text{ V}$ dan melebihi tegangan di $V_2 = + 2,5 \text{ V}$ sehingga tegangan output komparator akan naik juga = $+ 0,95 \text{ V}$ sehingga dapat memicu *gate* SCR, maka SCR akan memicu relay untuk memutuskan arus yang menuju ke beban bila settingan arus melebihi dari 4,1 Ampere.

4.2.3 Analisis Hasil Pengamatan Saat Mendapatkan Batasan Arus agar Beban 20 Watt Menjadi OFF

$$V_o = A_d (V_1 - V_2)$$

$$0,9 = A_d (3,2 - 2,7)$$

$$A_d = \frac{0,95}{0,5}$$

$$A_d = 1,9$$

Arus naik yang terukur untuk meng-OFF kan beban = 1,8 Ampere

Arus pada beban keadaan normal

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{20}{12}$$

$$I = 1,66 \text{ Ampere}$$

Persentase kenaikan arus dalam keadaan OFF beban 20 Watt

$$\frac{1,8 - 1,6}{1,8} \cdot 100 \%$$
$$= 11,1 \%$$

Arus pada beban keadaan normal sebelum disetting sebesar 1,6 A sedangkan arus pada beban setelah disetting sebesar 0 Ampere karena beban pada saat itu off. Untuk meng-OFF kan beban diperlukan arus sebesar 1,8 A, maka diperlukan 11,1 % dari arus normal untuk mendapatkan arus lebih.

4.2.4 Analisis Hasil Pengamatan Saat Mendapatkan Batasan Arus agar Beban 50 Watt Menjadi OFF

$$V_o = Ad (V_1 - V_2)$$

$$0,9 = Ad (3,06 - 2,5)$$

$$Ad = \frac{0,9}{0,56}$$

$$Ad = 1,6$$

Arus naik yang terukur untuk meng-OFF kan beban = 4,4 Ampere

Arus pada beban keadaan normal

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{50}{12}$$

$$I = 4,16 \text{ Ampere}$$

Persentase kenaikan arus dalam keadaan OFF beban 20 Watt

$$\frac{4,4 - 4,1}{4,4} \cdot 100 \%$$
$$= 6,8 \%$$

Arus pada beban keadaan normal sebelum disetting sebesar 4,1 Ampere sedangkan arus pada beban setelah disetting sebesar 0 Ampere karena beban pada saat itu OFF. Untuk meng-OFF kan beban diperlukan arus sebesar 4,4 Ampere, maka diperlukan 6,8 % dari arus normal untuk mendapatkan arus lebih.

4.2.5 Analisis Hasil Pengamatan Transistor

Transistor pada rangkaian berfungsi sebagai penguat arus agar dapat memicu SCR pada saat terjadinya arus lebih pada rangkaian. Keadaan tersebut dapat dilihat dari persamaan berikut ini :

Untuk Transistor 1

$$V_{cc} = V_{BE} + I_C R_C$$

$$I_C = \frac{V_{cc} - V_{be}}{R_C}$$

$$I_C = \frac{5V - 0,7}{4,7}$$

$$= \frac{4,3}{4,7} = 0,9 \text{ mA}$$

$$V_C = R_C \cdot I_C$$

$$= 4,7 \cdot 0,9$$

$$= 4,2 \text{ V}$$

Untuk Transistor 2

$$V_{cc} = V_{BE} + I_C R_C$$

$$I_C = \frac{V_{cc} - V_{be}}{R_c}$$

$$I_C = \frac{V_{cc} - V_{be}}{R_{paralel}}$$

$$I_C = \frac{5V - 0,7}{R_{paralel}}$$

$$R_{Paralel} = \frac{5,6 \times 2,7}{5,6 + 2,7} = 1,8 \text{ KOhm}$$

$$= \frac{5V - 0,7}{1,8}$$

$$= \frac{4,3}{1,8} = 2,3 \text{ mA}$$

$$V_C = R_C \cdot I_C$$

$$= 2,3 \cdot 1,8$$

$$= 4,1 \text{ V}$$



Sedangkan tegangan yang berada pada kaki kolektor untuk memicu gate pada

SCR dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}V_{\text{Gate}} &= \frac{R1}{R1.R1} \cdot V_C \\ &= \frac{0,47}{0,47.2.2} \cdot 4,1 \\ &= \frac{1,9}{2,7} \\ &= 0,7 \text{ V}\end{aligned}$$



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Kedudukan potensio meter adalah sebagai pengatur tegangan input sehingga dapat dibandingkan terhadap tegangan input referensi.
2. Alat ini akan berkerja agar dapat membatasi arus yang diinginkan dengan cara mengatur besar kecilnya tegangan pada inverting sebagai V_{ref} yang tersambungkan dengan potensiometer.
3. Arus yang dibatasi pada rangkaian pembatas arus ini maksimal 4 Ampere.

5.2 Saran

Alat pembatas arus ini mempunyai banyak kemungkinan untuk dikembangkan lagi sehingga diperoleh sistem yang lebih baik dan dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. Pengembangan-pengembangan tersebut diantaranya adalah:

1. Rangkaian pembatas arus dapat ditambah mikrokontroler pada rangkaian pembanding agar kinerja rangkaian lebih akurat dan stabil.
2. Rancangan alat ini dapat dikembangkan lebih lanjut sehingga dapat dipakai untuk menangani daya besar.

DAFTAR PUSTAKA

Frank D, Petruzella. 2001, *Elektronika Industri*, Edisi Pertama, Andi, Yogyakarta.

Malvino, Albert Paul, 1999, *Prinsip-prinsip Elektronika jilid I*, Erlangga, Jakarta.

Sri Widodo, Thomas, 2002, *Elektronika Dasar*, Fakultas Pendidikan Teknik dan
kejuruan Yogyakarta, Jakarta

Suryatmo, 1997, *Teknik Listrik Arus Searah*, Bina Aksara, Jakarta.

Sutanto, 1997, *Rangkaian Elektronika Analog*, UI Press, Jakarta.

<http://yb1zdx.arc.itb.ac.id>

