

## **BAB 2**

# **KOMPONEN SEMIKONDUKTOR DAYA**

### **2.1 Pengantar**

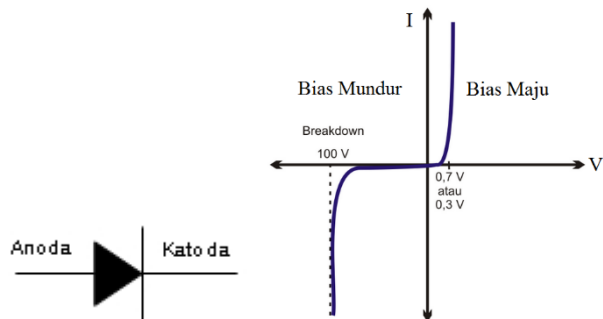
Komponen yang banyak digunakan dalam aplikasi elektronika daya pada umumnya sama dengan aplikasi elektronika biasa. Perbedaan utama adalah pada kapasitas dayanya saja yaitu arus, tegangan dan daya yang digunakan. Komponen semikonduktor yang biasa digunakan pada aplikasi elektronika daya terdiri atas Dioda Power, Transistor Daya, SCR (*Silicon Control Rectifier*) atau dikenal dengan nama Thyristor, Diac dan Triac. Ada juga beberapa komponen semikonduktor yang didesain untuk keperluan khusus diantaranya yaitu GTO (*Gate turn off switch*), IGBT (*Insulated Gate Bipolar Junction Transistor*), SUS (*Silicon Unilateral Switch*), SCS (*Silicon Controlled Switch*), SBS (*Silicon Biilateral Switch*), LASCR (*Light Activated SCR*), LASCS (*Light Activated SCS*), PUT (*Programmable Unijunction Transistor*), RCT (*Reverse Conducting Thyristor*) dan komponen-komponen lainnya.

Komponen semikonduktor utama yang akan dibahas pada materi ini adalah Dioda Power, Transistor BJT, Uni Junction

Transistor (UJT), Transistor Efek Medan (FET), SCR atau Thyristor, Triac dan Diac.

## 2.2 Dioda Power

Dioda merupakan salah satu komponen semikonduktor elektronika daya yang banyak digunakan untuk aplikasi di rumah tangga maupun industri. Komponen dioda memiliki dua terminal yang disebut dengan nama Anoda (kutub positif) dan Katoda (kutub negatif). Pada rangkaian elektronika daya, dioda berfungsi sebagai *switching* atau saklar untuk melewatkan arus listrik dalam satu jalan. Pada gambar di bawah ini dijelaskan tentang simbol dan karakteristik dioda.



Gambar 2.1. Simbol dan karakteristik Dioda

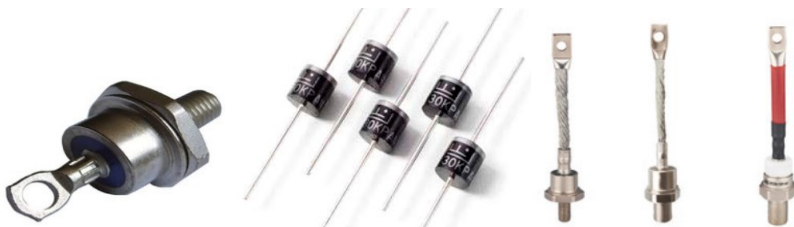
Dioda pada rangkaian elektronik dapat berfungsi sebagai penyearah, pemotong, penjepit dan fungsi lainnya. Pada pokok bahasan ini yang akan dibahas adalah Dioda sebagai saklar. Gambar di atas menunjukkan simbol dan karakteristik dari Dioda. Dioda akan berada pada keadaan konduksi (ON) jika potensial pada anoda lebih positif daripada potensial pada katoda. Dioda akan berada pada kondisi (OFF) jika potensial pada anoda lebih

negatif daripada potensial pada katoda. Pada kondisi ideal, pada waktu dioda dalam kondisi ON akan memiliki karakteristik tegangan pada dioda sama dengan nol dan arus yang mengalir pada dioda sama dengan arus bebannya. Sebaliknya, dioda dalam kondisi OFF memiliki karakteristik tegangan pada dioda sama dengan tegangan sumbernya dan arus yang mengalir sama dengan nol. Dalam kondisi dioda ON dan OFF ini dapat dinyatakan tidak terjadi kerugian daya pada dioda.

Secara elektronik, kondisi ON dan OFF dioda dapat dijelaskan sebagai berikut. Dioda akan On jika Anoda dan Katoda diberikan panjar maju artinya Terminal Anoda dihubungkan dengan sumber positif sedangkan Anoda dihubungkan dengan sumber negatif. Pada kondisi ini, maka tegangan antara Anoda dan Katoda akan menjadi nol dan akan mengalir arus dari anoda ke katoda melewati beban.

Sebaliknya jika Dioda diberikan panjar mundur atau Terminal Anoda dihubungkan dengan sumber negatif, dan terminal Katoda dihubungkan dengan sumber positif, maka Dioda akan mati. Pada kondisi ini, tegangan antara Anoda dan Katoda ( $V_{AK}$ ) sama dengan tegangan sumber dan tidak ada arus yang mengalir pada rangkaian.

Dioda di pasaran mempunyai bentuk dan bahan pendukung yang beragam seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



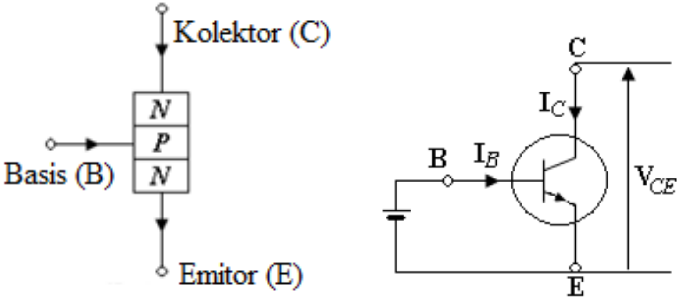
**Gambar 2.2. Bentuk Dioda Power**

### 2.3 Transistor Power

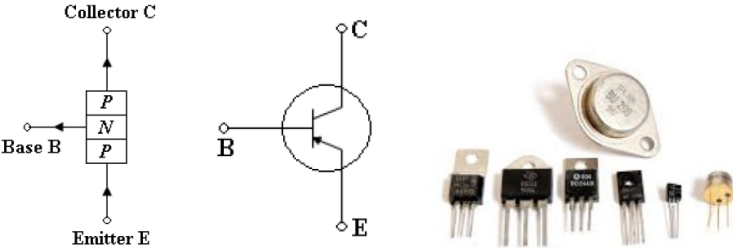
Transistor merupakan salah satu komponen yang banyak digunakan dalam aplikasi elektronika baik yang berdaya rendah maupun yang berdaya besar. Kalau dalam bidang elektronika berdaya rendah transistor lebih banyak digunakan sebagai penguat, dalam aplikasi elektronika daya, transistor lebih difokuskan pada fungsi sebagai saklar elektronik. Transistor terdiri atas tiga lapisan yaitu Negatif-Positif-Negatif atau N-P-N dan Positif-Negatif-Positif atau P-N-P seperti ditunjukkan pada gambar 2.2. Prinsip kerja transistor didasarkan pada arus kolektor ( $I_C$ ) yang merupakan fungsi dan arus basis ( $I_B$ ). Perubahan arus basis akan mengakibatkan perubahan yang telah dikuatkan pada arus kolektor pada tegangan kolektor-emitor yang dikenakan padanya.

Transistor daya memiliki karakteristik kontrol untuk berfungsi sebagai saklar yaitu pada kondisi ON dan OFF. Transistor mempunyai 4 daerah kerja yaitu 1) daerah aktif, 2) daerah saturasi atau daerah jenuh, 3) daerah cut off dan 4) daerah breakdown. Untuk memfungsikan sebagai saklar elektronik, transistor harus dioperasikan pada daerah saturasi atau jenuh. Pada daerah kerja ini, transistor akan menghasilkan drop tegangan yang rendah sehingga transistor berfungsi sebagai saklar pada kondisi ON. Transistor akan berfungsi sebagai saklar dalam kondisi OFF bila berada pada daerah Cut Off.

Dalam aplikasinya sebagai saklar elektronik, transistor mempunyai kecepatan pensaklaran dengan frekuensi hingga ribuan Hz. Transistor modern yang didesain khusus untuk kepentingan kontrol peralatan industri mempunyai kecepatan pensaklaran yang tinggi bahkan bisa lebih tinggi daripada keluarga thyristor. Transistor power sering digunakan dalam konverter DC-DC dan DC-AC, dengan diode terhubung paralel terbalik untuk menghasilkan aliran arus dua arah.

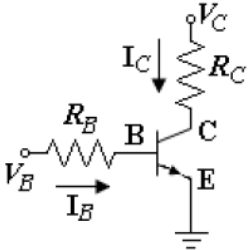


Gambar 2.3. Struktur dan Simbol Transistor NPN



Gambar 2.4. Struktur, Simbol, dan Bentuk Transistor PNP

Dengan memanfaatkan karakteristik transistor common emitor (emitor bersama), pada kondisi saturasi (jenuh) dan keadaan cut-off (mati) maka transistor dapat dijadikan sebagai saklar elektronis dengan pemutus dan penyambungnya berupa (tegangan pada basisnya). Perhatikan rangkaian sebagai berikut :



Gambar 2.5. Aliran arus pada transistor

Dari gambar 2.5, dapat dijelaskan, persamaan matematik yang menggambarkan prinsip kerja transistor adalah sebagai berikut:

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

$\beta$  : penguatan transistor

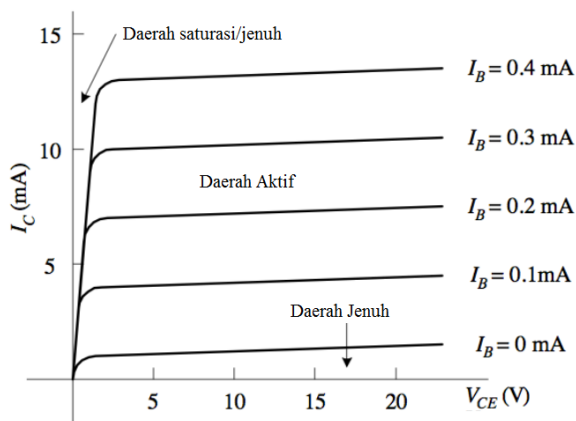
Jika  $I_B = 0$  maka  $I_C = 0$

Pada saat  $I_B = 0$ , maka transistor tidak mengantarkan arus  $I_C$ , dengan kata lain transistor berada pada daerah cut-off atau daerah mati, seperti sebuah kran air yang knopnya ditutup. Dari rangkaian diatas diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$I_B = \frac{V_B - V_{CE}}{R_B}$$

$$I_C = \frac{V_C - V_{CE}}{R_C}$$

Persamaan ini sering disebut sebagai persamaan garis beban transistor dan sering digunakan untuk menjelaskan tentang karakteristik sebuah transistor. Berikut ini adalah gambar hubungan antara  $I_B$  dan  $I_C$  dan  $V_{CE}$  dan penggambaran daerah kerja transistor yang dapat dijadikan pedoman dalam memahami karakteristik transistor



Gambar 2.6. Daerah kerja transistor

Gambar 2.6. menjelaskan karakteristik transistor dimana terdapat 3 daerah kerja berdasarkan arus basis. Pada kondisi  $I_B = 0$  maka  $I_C$  tidak mengalirkan arus atau  $I_C = 0$ . Pada kondisi ini transistor mati atau belum bekerja walaupun sudah diberi catu daya dan transistor berada pada daerah cutt off atau mati.

Jika  $I_B$  diberikan nilai yang kecil, maka transistor mulai bekerja atau masuk ke daerah kerja aktif. Semakin besar nilai  $I_B$  maka akan menaikkan  $I_C$  sesuai dengan juga akan naik sesuai dengan persamaan  $I_C = \beta \cdot I_B$ .

Jika  $I_B$  dinaikkan terus sampai  $I_C$  tidak mampu naik lagi sesuai dengan persamaan  $I_C = \beta \cdot I_B$ , maka dikatakan transistor memasuki daerah jenuh atau saturasi. Kondisi ini disebut sebagai daerah kerja jenuh (saturasi). Pada kondisi ini  $I_C$  sudah jenuh walaupun arus  $I_B$  dinaikkan terus. Pada kondisi ini akan berdampak pada

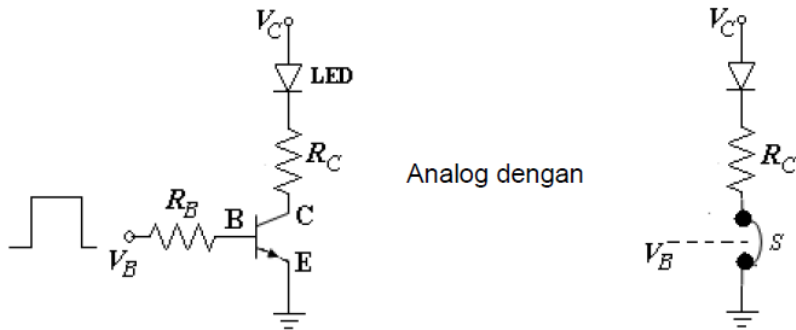
$$V_{CE} \cong 0 \text{ (kecil)}$$

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

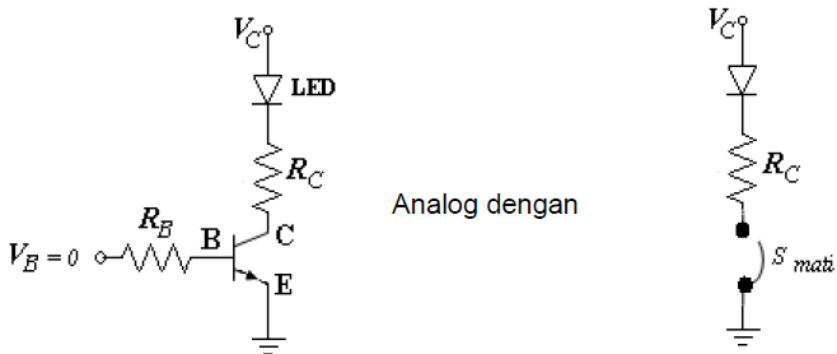
Sesuai dengan persamaan di atas maka pada kondisi jenuh ini, arus akan menjadi besar sedangkan tegangan VCE kecil sekali mendekati nol (0). Pada kondisi ini dapat dikatakan bahwa hambatan pada CE, menuju nol sehingga seolah-olah transistor berfungsi sebagai saklar ON. Jadi untuk membuat transistor BJT berlaku sebagai saklar yang ON harus diberikan tegangan  $V_B$  yang mengakibatkan transistor saturasi.

Pada gambar karakteristik transistor juga dapat dilihat pada saat  $V_B = 0$ , maka arus basis  $I_B = 0$ . Akibatnya arus kolektor  $I_C = 0$ . Pada kondisi ini transistor akan berada pada kondisi tidak menghantarkan arus  $I_C$  sama dengan kondisi saklar terbuka.

Ilustrasi kondisi transistor pada saat beroperasi pada daerah jenuh dan daerah cut off dapat dijelaskan pada gambar berikut ini:



Gambar 2.7. Transistor beroperasi sebagai saklar ON



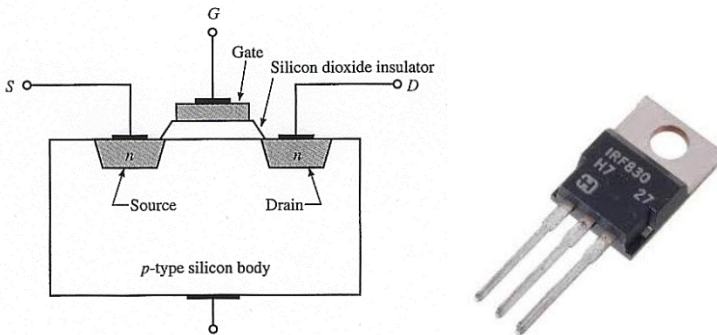
Gambar 2.8. Transistor beroperasi sebagai saklar OFF

Transistor jenis BJT (Bipolar junction power transistors) banyak digunakan untuk aplikasi elektronika daya misalnya pada catu daya, pengatur kecepatan motor DC (Chopper), Pengatur kecepatan motor Induksi (Inverter) PWM (Pulse Width Modulation) dan banyak aplikasi lainnya.



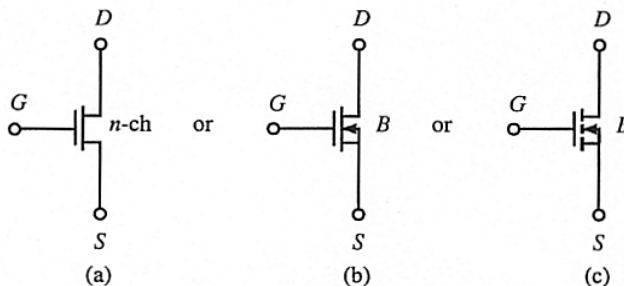
## 2.4 Transistor Efek Medan (FET)

Selain transistor jenis BJT (Bipolar Junction Transistor), dalam aplikasi elektronika daya banyak juga digunakan transistor efek medan. Salah satu jenis transistor jenis ini yang paling terkenal adalah MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor FET*). Berbeda dengan transistor BJT yang mempunyai 3 kaki yaitu Basis, Emitor dan Kolektor, MOSFET mempunyai 3 kaki yang dikenal dengan istilah Drain (D), Gate (G) dan Source (S). MOSFET mempunyai struktur yang sedikit berbeda dengan BJT yang dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2.9. Struktur dan bentuk transistor jenis FET

Transistor jenis FET mempunyai kaki-kaki dan simbol yang berbeda dengan transistor jenis BJT. Berikut ini adalah simbol transistor jenis FET.

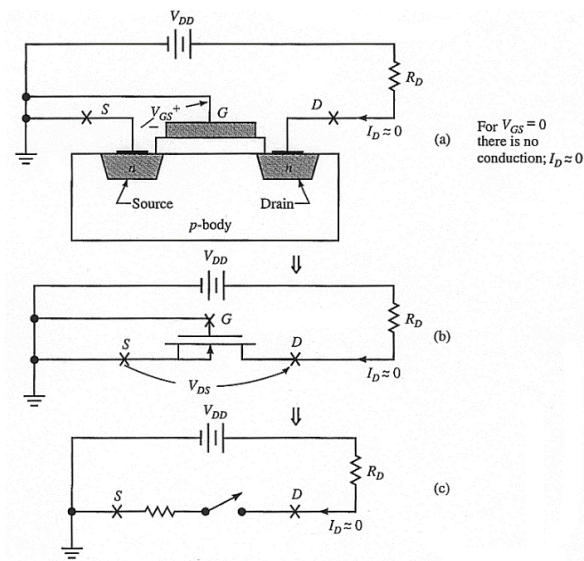


Gambar 2.10 Simbol transistor jenis FET

### 2.4.1. Prinsip Kerja FET

FET mempunyai prinsip kerja yang hampir sama dengan transistor BJT. FET dan BJT terdiri atas 3 buah sambungan baik negatif-positif-negatif atau positif-negatif-positif. Yang membedakan keduanya adalah, jika pada transistor BJT kontrolnya dilakukan oleh arus basis ( $I_B$ ), sedangkan pada FET kontrol dilakukan oleh tegangan gate ( $V_{GS}$ ). Pengaturan kerja FET dengan tegangan mempunyai kelebihan dibanding pengaturan dengan arus seperti pada BJT yaitu berkurangnya rugi-rugi panas yang dihasilkan, sehingga FET mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dibanding dengan BJT.

Transistor FET akan On jika terminal Drain (D) dan Source (S) dibias maju dengan polaritas D dan S tergantung jenisnya. Setelah itu perlu diberikan tegangan penyulutan dengan memberikan  $V_{GS} > 0$ . Dengan kondisi ini maka tegangan antara Drain dan Source  $V_{DS}$  menjadi nol dan akan mengalir arus listrik di Drain yang besarnya sama dengan arus beban.

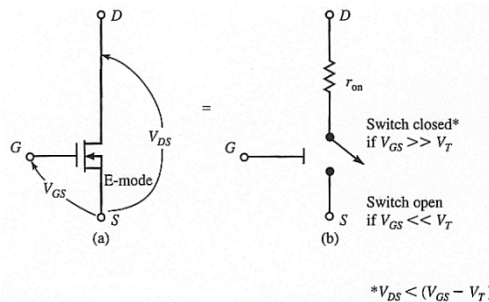


Gambar 2.11. Operasi Off transistor jenis FET

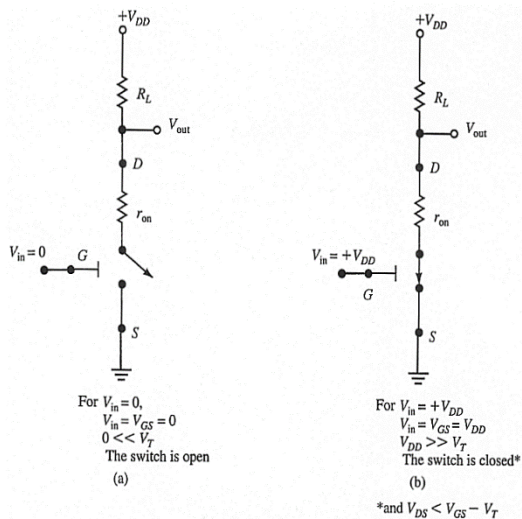
Mosfet akan Off jika terminal Drain dan Source dibias maju, tetapi tegangan Gate diberi input sama dengan nol. Kondisi ini akan menjadikan tegangan Drain Source ( $V_{DS}$ ) akan sama dengan tegangan tegangan Drain Drain ( $V_{DD}$ ) dan sama dengan tegangan sumber dan arus sama dengan nol. Gambar 2.11. menjaelaskan tentang operasi transistor FET.

### 2.4.2. Pengoperasian FET Sebagai Saklar

Salah satu aplikasi yang banyak digunakan pada MOSFET adalah untuk saklar (*switching*).



Gambar 2.12. FET Sebagai saklar ON-OFF

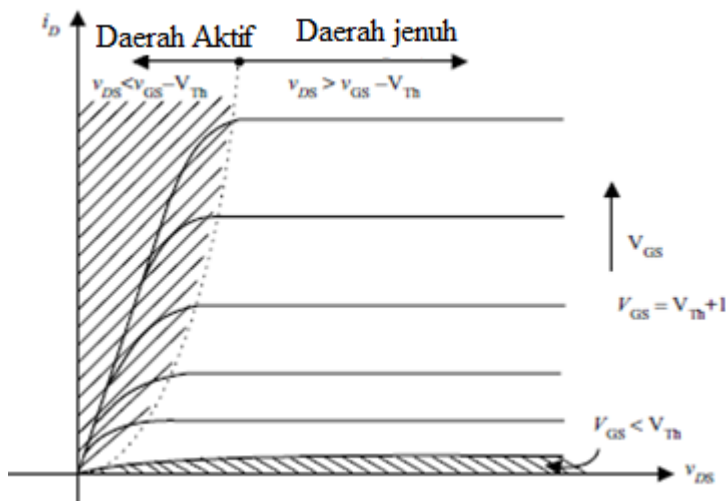


Gambar 2.13. MOSFET Sebagai saklar ON dan Off

Gambar 2.12 dan 2.13. menjelaskan prinsip kerja transistor FET sebagai saklar. FET berfungsi sebagai saklar ON jika Drain dan Source dibias maju dan Gate diberikan tegangan pemicuan. Sebaliknya untuk menjadikan FET sebagai saklar OFF, maka nilai tegangan Gate diberi nilai sama dengan nol. Dalam aplikasi saklar elektronis, FET akan didrive dengan rangkaian pembangkit pulsa dengan frekuensi tertentu.

### 2.4.3. Karakteristik FET

FET mempunyai karakteristik yang hampir sama dengan transistor BJT. Secara umum FET mempunyai 3 daerah operasi yaitu 1) daerah kerja Cut Off atau mati, 2) daerah kerja aktif dan 3) daerah jenuh atau saturasi. Kendali daerah kerja FET dipengaruhi oleh tegangan gate ( $V_{DS}$ ). Berikut ini merupakan gambar daerah kerja dan karakteristik dari suatu FET.



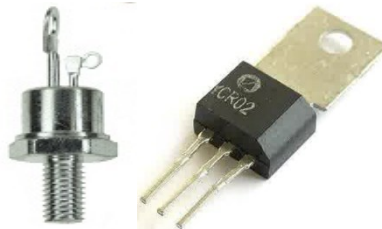
Gambar 2.14. Daerah kerja Mosfet

## 2.5 Silicon Control Rectifier (SCR)

Silicon Controlled Rectifier (SCR) merupakan salah satu komponen semikonduktor yang banyak digunakan dalam aplikasi elektronika daya. Komponen ini terdiri atas 3 (tiga) terminal yang digunakan untuk mengatur arus yang melalui suatu beban. SCR dapat digunakan untuk mengatur tegangan dan arus pada suatu rangkaian elektronika daya.

Kelebihan SCR dibanding dengan komponen lainnya adalah kemampuannya dalam mengalirkan arus yang cukup besar melalui Anoda-Katoda hanya dengan arus yang kecil dari Gate-nya. Beberapa aplikasi yang menggunakan SCR mempunyai daya arus bolak-balik (AC) hingga 100 MW dengan rating arus sebesar 2000 A pada tegangan ribuan Volt. Daerah kerja dari SCR dapat mencapai frekuensi 50 KHz. Beberapa SCR didesain khusus untuk bekerja pada suhu yang sangat tinggi sehingga mampu digunakan untuk pengaturan berbagai peralatan industri yang mempunyai suhu kerja sangat tinggi seperti pemanas, motor listrik, konveyor, lift, eskalator, dan lain sebagainya.

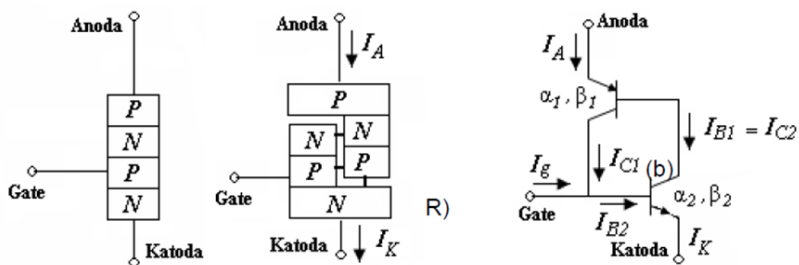
Prinsip kerja SCR adalah dengan memberikan bias maju dari anoda ke katoda melebihi tegangan minimalnya. Karakteristik tambahan dari komponen ini adalah diperlukan arus trigger yang cukup kecil untuk memulai menghidupkan SCR yang biasa dikenal dengan istilah penyulutan. SCR akan tetap on atau bekerja selama arus mengalir pada Anoda-Katoda dan arus Gate dapat dihilangkan setelah penyulutan.



Gambar 2.15. Bentuk SCR

### 2.5.1. Struktur SCR

Sebagai salah satu komponen semikonduktor, struktur SCR tidak berbeda jauh dengan transistor. Struktur SCR secara sederhana dapat dipandang sebagai dua transistor N-P-N dan P-N-P yang dihubungkan membentuk pasangan *feedback regenerative* P-N-P-N. Struktur sambungan pada SCR dapat dijelaskan seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.15. Struktur sambungan SCR

Keterangan :

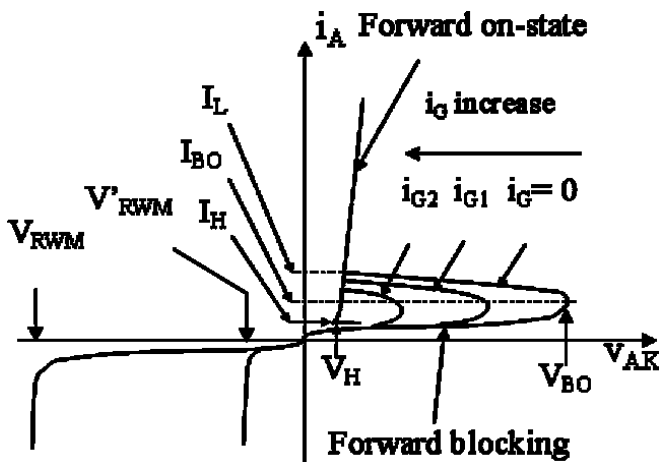
- $I_B$  : Arus basis
- $I_C$  : Arus collector
- $I_A$  : Arus anoda
- $I_K$  : Arus katoda
- $I_g$  : Arus gate

### 2.5.2. Karakteristik SCR

Kelebihan SCR dibanding dengan komponen semikonduktor lainnya seperti transistor BJT dan FET yaitu dapat mendapatkan masukan baik listrik AC maupun DC. Kelebihan SCR jika dibanding dengan Dioda adalah, kemampuannya untuk dapat diatur sesuai

dengan kebutuhan dengan mengatur sudut penyulutan di terminal gate. Dengan kelebihan-kelebihan ini, SCR dapat digunakan di berbagai rangkaian elektronika daya seperti rangkaian pengubah AC ke DC, AC ke AC, maupun pengubah dari DC ke AC.

SCR bekerja dengan mengalirkan arus hanya pada satu arah yaitu pada saat dipanjar maju atau tegangan anoda ( $V_A$ ) lebih besar dari tegangan katoda ( $V_K$ ). Selanjutnya dengan memberikan arus gate dengan nilai tertentu maka akan menjadikan SCR ON. Pemberian arus gate dinamakan dengan penyulutan yang dapat diatur kapan SCR akan ON sehingga dapat dipakai untuk pengaturan. Karakteristik SCR tidak berbeda jauh dari komponen semikonduktor daya lainnya yang dapat dijelaskan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.16. Karakteristik SCR

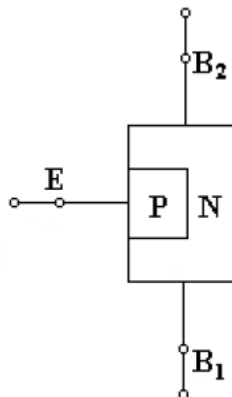
SCR akan ON jika diberikan bias maju ( $V_A > V_K$ ) dan diberikan arus gate, maka tegangan Anoda ke katoda akan menjadi nol ( $V_{AK} = 0$ ) dan akan mengalirkan arus yang nilainya arus beban. SCR akan OFF atau mati jika Anoda dan Katoda dibias

mundur walaupun diberikan arus gate tidak akan berpengaruh. Pada kondisi OFF tegangan antara Anoda dan katoda ( $V_{AK}$ ) akan sama dengan tegangan pada sumber ( $V_{sumber}$ ) dan arus anoda tidak mengalir ( $I_A = 0$ ).

## 2.6 Uni Junction Transistor (UJT)

Unijunction Transistor (UJT) merupakan salah satu komponen semikonduktor yang banyak digunakan dalam aplikasi elektronika daya. UJT tidak mempunyai elektroda kolektor sebagaimana transistor bipolar ataupun dioda rectifier. Sebagai gantinya, pada UJT ditambahkan sebuah elektroda basis sehingga piranti ini mempunyai dua basis dan sebuah emitor. UJT atau transistor sambungan tunggal banyak digunakan untuk menghasilkan isyarat pulsa. Pulsa ini digunakan untuk mengontrol peralatan instrumentasi yang diantaranya adalah untuk mengatur SCR dan TRIAC.

Struktur UJT tidak berbeda jauh dengan komponen semikonduktor lainnya yang terdiri atassambungan terminal positif dan negatif sebagaimana terlihat pada gambar 2.17 di bawah ini.



Gambar 2.17 Struktur UJT



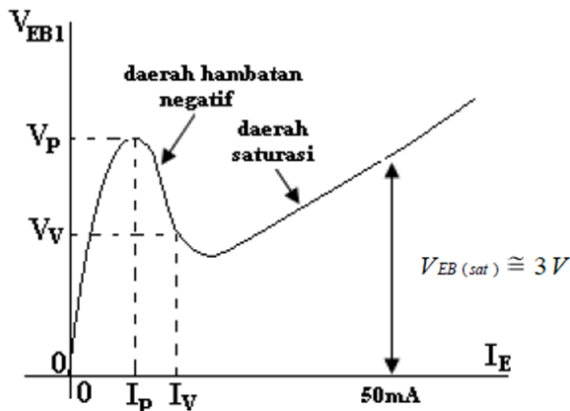
Gambar 2.17 memberikan gambaran struktur UJT yang terdiri atas 2 terminal basis dan Emitter. Sesuai dengan strukturnya, UJT dilambangkan dengan 2 buah basis dan 1 emitor. UJT yang ada di pasaran mempunyai bentuk yang bervariasi seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.18 Simbol dan bentuk UJT

### Karakteristik UJT

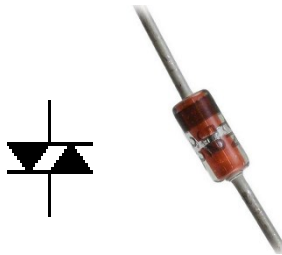
Sebagai salah satu komponen semikonduktor, UJT mempunyai prinsip kerja yang hampir sama dengan komponen semikonduktor lainnya seperti diod, transistor BJT, FET, SCR dan Triac. UJT mempunyai daerah kerja hambatan positif, daerah aktif dan daerah jenuh sebagaimana pada gambar 2.19.



Gambar 2.19 Karakteristik UJT

## 2.7 Diac

Diac merupakan komponen semikonduktor yang paling sederhana dari keluarga thyristor. Diac terdiri atas tiga lapisan dengan struktur seperti pada transistor PNP. Jika lapisan Negatif (N) pada transistor dibuat sangat tipis sehingga elektron dapat dengan mudah menyeberang dan menembus lapisan ini, sedangkan pada Diac, lapisan N di buat cukup tebal sehingga elektron mengalami kesulitan untuk menembusnya. Struktur Diac dapat dipandang sebagai dua buah dioda PN dan NP, sehingga dalam beberapa literatur Diac digolongkan sebagai dioda dan disimbolkan sebagai dua dioda yang dipasang secara berkebalikan seperti pada gambar berikut.

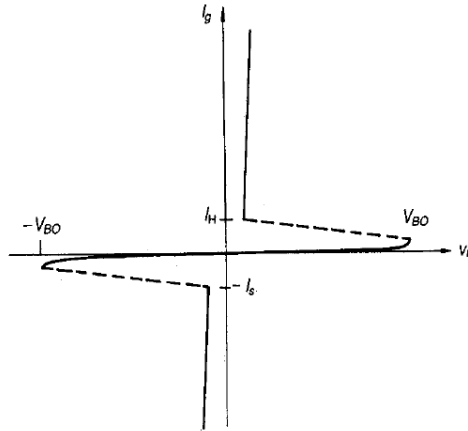


Gambar 2.20. Simbol dan bentuk Diac

Lapisan N yang cukup tebal pada Diac, menjadikan impedansinya cukup tinggi sehingga diperlukan tegangan yang cukup untuk melewati *breakover* arah mundur. Biasanya tegangan panjar atau bias untuk Diac antara 28 sampai 36 volt untuk mencapai *breakover* tergantung pada tipe dan jenisnya. Untuk memahami prinsip kerja Diac dapat diperhatikan gambar 2.21. yang menjelaskan tentang karakteristiknya.

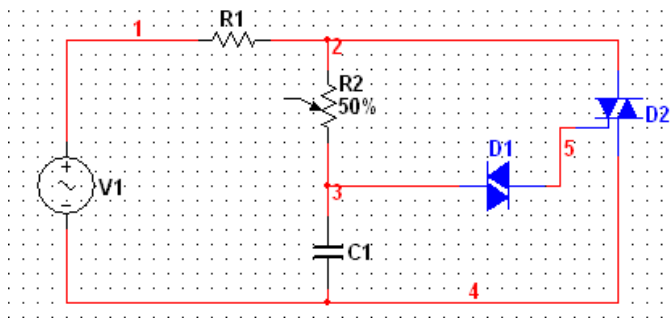
Diac mempunyai karakteristik seperti dua buah thyristor yang dihubungkan saling bertolak belakang. Oleh karena itu, Diac mempunyai dua buah tegangan penyalan. Tegangan penyalan pertama berada pada tegangan maju ( $+V_{bo}$ ) sedangkan yang kedua

ada pada tegangan baliknya ( $-V_{BO}$ ). Karakteristik tegangan terhadap arus dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2.21. Karakteristik Diac

Kurva di atas menjelaskan bahwa Diac selalu mempunyai karakteristik tahanan negatif yang secara terus-menerus pada saat arus lebih besar daripada arus *breakover*-nya. Dalam aplikasinya, Diac banyak digunakan sebagai pemacu rangkaian pengendali daya yang menggunakan Triac seperti yang ditunjukkan pada gambar rangkaian dibawah ini.



Gambar 2.22. Aplikasi Diac untuk menyalut Triac

## 2.8 Triac

Triac merupakan salah satu komponen semikonduktor yang banyak digunakan dalam aplikasi elektronika daya. Triac mempunyai kelebihan dibanding komponen lainnya yaitu kemampuan untuk mengendalikan daya arus bolak-balik secara penuh. Triac dapat diaplikasikan dengan dua buah SCR yang terhubung secara paralel berlawanan (anti paralel) dan gatenya disatukan, seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar 2.23. Simbol dan bentuk Triac

Triac merupakan singkatan dari Triode Alternating Current Switch, yang berarti saklar berganti untuk arus bolak-balik yang mempunyai tiga terminal (Triode-AC) sebagaimana komponen semikonduktor daya lainnya seperti transistor BJT, FET, UJT maupun SCR. Triac dikenal juga sebagai Bidirectional Triode Thyristor. Karakteristik Triac hampir sama dengan SCR, namun TRIAC dapat menghantarkan arus dalam dua arah baik panjar maju maupun panjar mundur. Struktur Triac terdiri atas 5 lapisan bahan jenis P dan N dalam arah lain antara terminal T1 dan T2 dan dapat menghantarkan dalam arah yang lain sebagaimana ditunjukkan secara jelas pada simbolnya. Secara elektris, Triac dapat dipandang sebagai dua buah SCR yang digabungkan dalam hubungan negatif terbalik.

Dalam aplikasinya, Triac banyak digunakan untuk mengontrol arus rata-rata yang mengalir ke suatu beban. Jika TRIAC sedang OFF,

arus tidak dapat mengalir diantara terminal-terminal utamanya, atau dengan kata lain diumpamakan saklar terbuka. Jika Triac sedang ON, maka dengan tahanan yang rendah arus mengalir dari satu terminal ke terminal lainnya dengan arah aliran tergantung dari polaritas tegangan yang digunakan. Jika tegangan T2 positif, maka arus akan mengalir dari T1 ke T2 dan sebaliknya jika T1 positif, maka arus akan mengalir dari T1 ke T2 dan dalam kondisi ini Triac diumpamakan sebagai saklar tertutup.

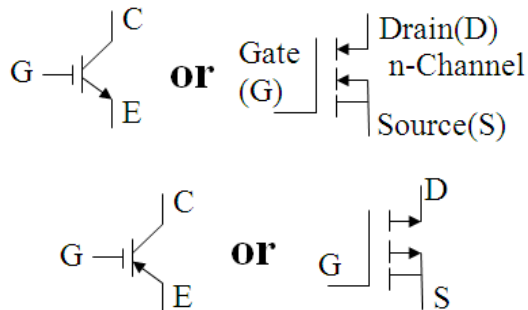
Prinsip kerja Triac hampir sama dengan komponen SCR. Triac akan ON jika diberi panjar maju atau (terminal Anoda dihubungkan dengan sumber positif dan Anoda dihubungkan sumber negatif). Setelah Triac diberi panjar maju, selanjutnya diberi arus penyulutan melalui terminal Gate ( $I_G$ ). Pada saat Triac ON, maka tegangan antara Anoda dan Katoda ( $V_{AK}$ ) akan menjadi nol sehingga akan mengalir arus dari Anoda menuju Katoda yang nilainya sama dengan arus beban. Karena Triac dapat dialiri dari dua arah, maka Triac juga akan ON jika dipanjar mundur (terminal Anoda dihubungkan dengan sumber positif dan Anoda dihubungkan sumber negatif) dan terminal gate diberi arus negatif.

Triac akan OFF jika Gate tidak diberi arus listrik ( $I_G = 0$ ) baik dipanjar maju atau dipanjar mundur. Pada kondisi OFF maka tegangan antara Anoda dan Katoda ( $V_{AK}$ ) akan sama dengan tegangan sumber dan tidak mengalir arus dari Anoda ke Katoda ( $I_A = 0$ ).

## 2.9 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

IGBT merupakan salah satu komponen semikonduktor yang banyak digunakan dalam aplikasi elektronika industri. IGBT biasanya didesain untuk keperluan khusus guna melakukan pengaturan peralatan industri secara elektronis dengan daya yang sangat besar. Kemampuan menahan arus dan tegangan yang besar dan frekuensi pensaklaran merupakan karakteristik utama yang perlu dipertimbangkan dalam aplikasi menggunakan IGBT.

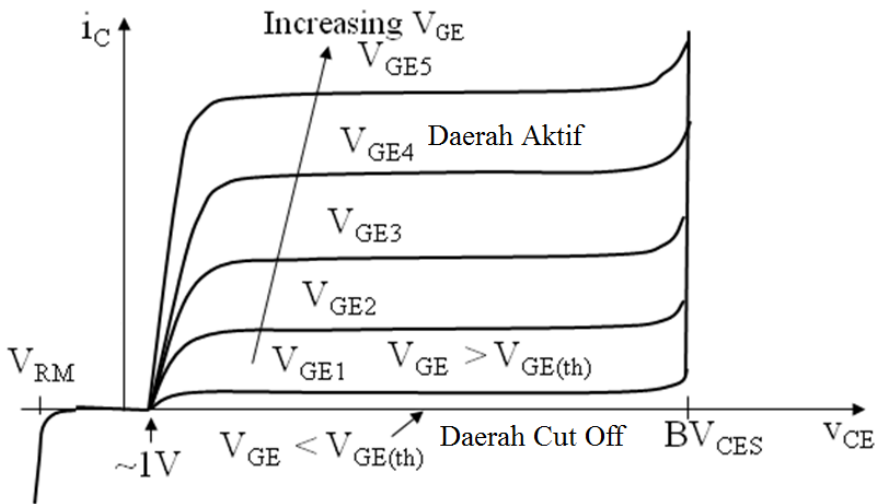
Komponen IGBT mempunyai 3 kaki yaitu Gate, Kolektor dan Emitor atau Gate, Drain dan Source sehingga disimbolkan seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.24. Simbol dan bentuk IGBT

### Karakteristik IGBT

Karakteristik IGBT dapat dijelaskan berdasarkan daerah kerja yang mirip dengan karakteristik transistor seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 2.25. Karakteristik IGBT

Di pasaran, IGBT tersedia dalam bentuk IC atau dalam bentuk modul yang sudah jadi.



Gambar 2.26. Produk IGBT dalam bentuk IC dan modul

