

## BAB II

# RECTIFIER

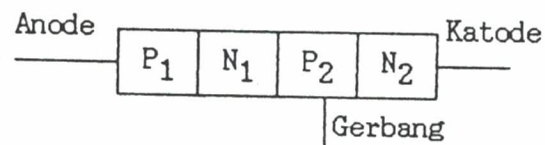
### A. PRINSIP DASAR RECTIFIER

Pada umumnya penyearah ada yang mempergunakan tabung elektron, tetapi ada pula yang mempergunakan diode setengah penghantar dan juga disebut *Metalic Rectifier* atau berupa logam semi konduktor.

Semi konduktor yang dipergunakan pada rectifier mempunyai tahanan yang sangat rendah pada arah maju atau disebut juga Forward Resistance. Serta mempunyai tahanan yang sangat tinggi pada arah mundur atau disebut juga Back Resistance.

Bila penyearah ini menggunakan diode semi konduktor, maka akan sama dengan menggunakan diode tabung hampa yang dihubungkan seri dengan sumber tegangan dan beban sehingga kuat arus akan mengalir pada satu jurusan saja. Diode setengah penghantar pada umumnya menggunakan bahan oksida tembaga, sulfid tembaga, silikon dan selenium.

Gambar II.1. menunjukkan simbol dari diode semi konduktor



*Gambar II.1. Ekuivalen Thyristor.*

Arah arus elektron dari katoda ke anoda. Diode juga mempunyai arus pelat maksimum yang berupa arus beban, arus rata-rata dan tegangan balik maksimum. Selain itu juga mempunyai temperatur rata-rata.

## B. KLASIFIKASI RECTIFIER

Pada dasarnya rangkaian rectifier diklasifikasikan yang dua bagian yaitu

- a. Setengah Gelombang (Half Wave)
- b. Gelombang Penuh (Full Wave)

Cara untuk penyearah setengah gelombang ini dipergunakan untuk pemakaian daya yang rendah, sedangkan untuk daya yang besar mempergunakan cara gelombang penuh.

### 1. *Half Wave ( $\frac{1}{2}$ Gelombang)*

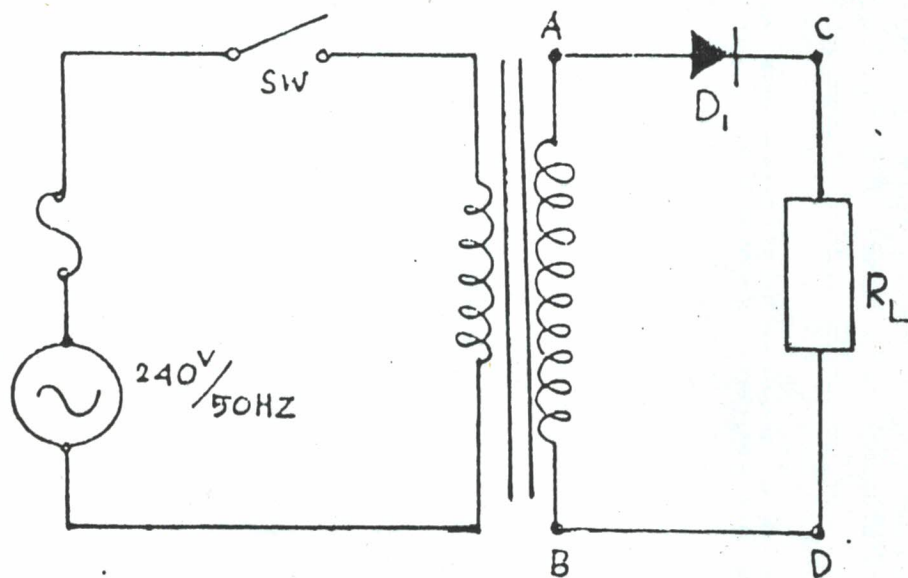
Dengan pembahasan Penyearah  $\frac{1}{2}$  Gelombang ini menggunakan sebuah komponen Diode, yang mana diode tersebut dipasang seri dengan transformator pada sisi sekunder. Sedangkan pada kumparan primer dihubungkan dengan tegangan sebesar 240 volt, 50 Hz. Secara jelasnya rangkaian Half Wave ( $\frac{1}{2}$  gelombang) dapat lihat pada gambar II.2.

Seperti pada gambar II.2. apabila switch tertutup, maka pada kumparan sekunder akan mendapatkan induksi tegangan dari kumparan primer dalam berbentuk arus bolak balik yang digambarkan seperti pada gambar II.3a. Pada saat  $t_1$  sampai  $t_2$  berada di ujung A arus bolak balik dalam keadaan positif, dan setelah melewati Diode dalam bentuk positif pada saat  $t_1 - t_2$ . Secara jelasnya digambarkan pada gambar II.3b. Arus ini akan melewati tahanan  $R_1$ , sehingga diantara ujung C dan D terjadi tegangan yang sebanding dengan besarnya arus pada saat  $t_1 - t_2$  yang digambarkan pada gambar II.3c.

Pada saat  $t_2 - t_3$  ujung A menjadi negatif, yang mana Diode menerima tegangan balik (Reverse) pada tahanan  $R_1$  akan mengalir arus reverse  $t_2 - t_3$  seperti yang ditunjukkan pada gambar II.3b, yang mana besarnya arus ini sangat kecil atau mendekati harga nol, oleh karena itu sering diabaikan. Antara ujung C dan D akan terjadi suatu tegangan yang sangat relatif kecil  $t_2 - t_3$  yang dapat dijelaskan pada gambar II.3c. Bila

pada ujung A kembali positif ( $t_3 - t_4$ ), maka proses yang sama akan terjadi seperti di atas, demikian seterusnya bila pada bagian primer diberi i/p tegangan yang berbentuk sinus seperti pada gambar II.3b, maka pada tahanan  $R_1$  akan terdapat pulsa-pulsa positif saja seperti yang digambarkan pada II.3c.

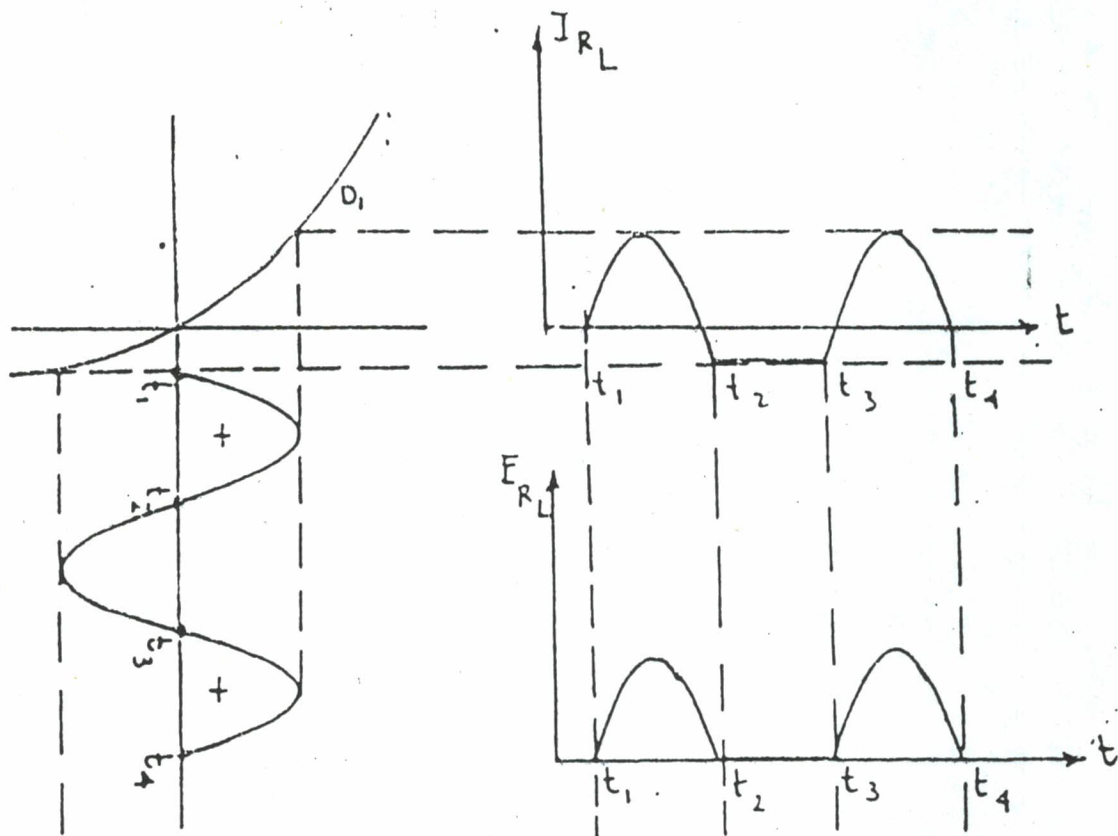
Proses perubahan tegangan menjadi pulsa positif ini disebut *Penyearah*.



Gambar II.2. Rangkaian Half Wave <sup>2</sup>

2. F. Suryatmo, "Mesin Listrik Motor Dan Generator Arus Bolak Balik", Alumni Bandung, Tahun 1984, p.329





Gambar II.3. Karakteristik Half Wave <sup>3</sup>

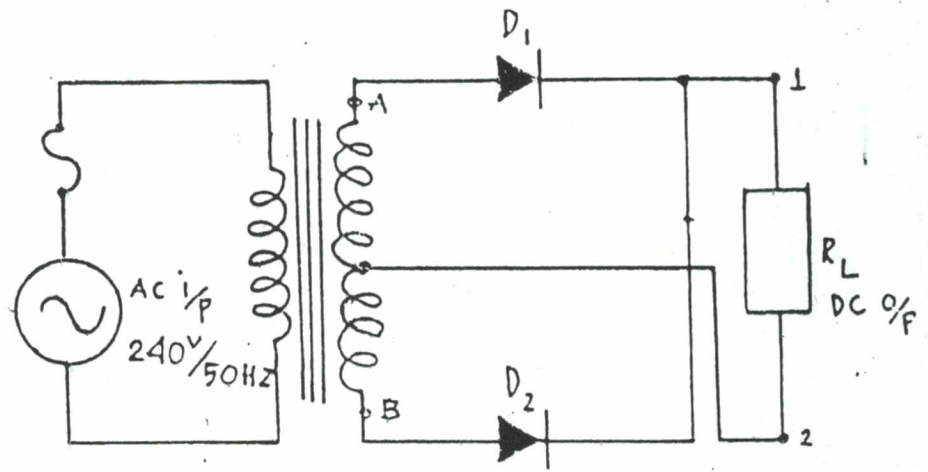
## 2. Full Wave (Gelombang Penuh)

Pada gambar II.4. ditunjukkan sebuah rangkaian penyearah gelombang penuh dengan menggunakan Diode. Transformator yang dipergunakan pada gambar II.4. mempunyai center tap pada titik *C*, sehingga jumlah belitan AC sama dengan jumlah belitan CB.

3. Ibid, s. 330

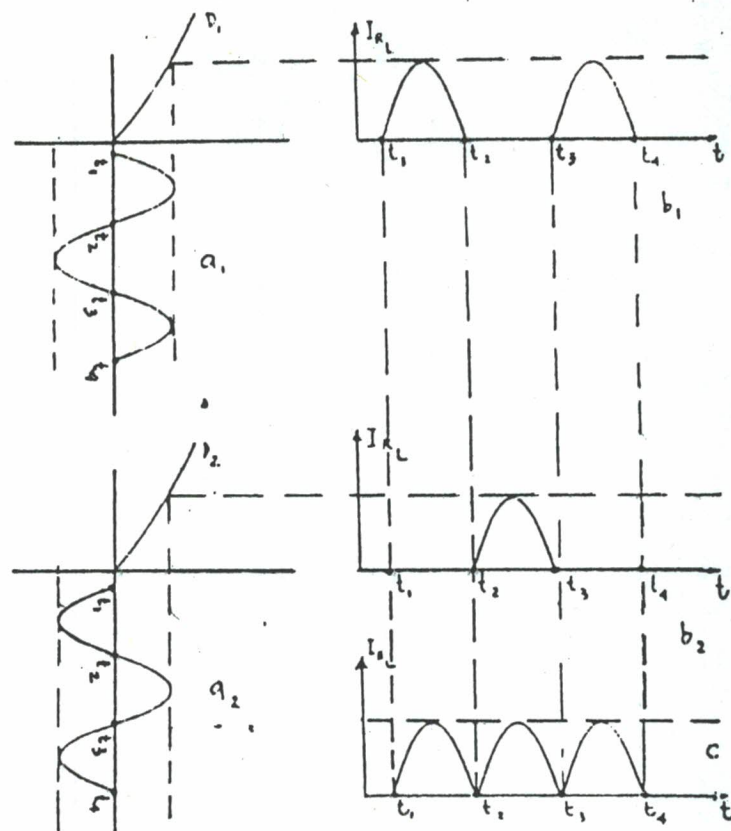
Ujung A dihubungkan pada Diode  $D_1$  dan ujung B dihubungkan pada Diode  $D_2$ . Dimana pada sisi katode untuk  $D_1$  dan  $D_2$  dihubungkan jadi satu yang selanjutnya dihubungkan ke beban, sedangkan pada center tap langsung dihubungkan ke beban. Dengan adanya center tap, maka diperoleh dua buah tegangan sekunder yang sama besar dan berlawanan fasa.

Bekerjanya penyearah gelombang penuh dapat dijelaskan seperti pada gambar II.5.



Gambar II.4. Rangkaian Full Wave <sup>4</sup>

4. Itis, p. 331



Gambar II.5. Karakteristik Full Wave <sup>5</sup>

Dari gambar II.5a dan II.5b masing-masing menunjukkan bahwa tegangan i/p pada Diode  $D_1$  dan  $D_2$  selalu berlawanan fasanya dan sama besarnya.

Pada saat  $t_1 - t_2$  dimana terminal A positif dan terminal B negatif, sehingga Diode  $D_1$  akan menghantar ( $t_1 - t_2$ ) seperti yang ditunjukkan pada gambar II.5c, dan Diode  $D_2$  tidak menghantar ( $t_1 - t_2$ ) seperti yang ditunjukkan pada gambar II.5d.

5. Ibid, p. 332

Pada saat  $t_2 - t_3$  dimana terminal A negatif dan terminal B positif, sehingga Diode  $D_2$  akan menghantar ( $t_2 - t_3$ ) seperti yang ditunjukkan pada gambar II.7d, dan Diode  $D_1$  tidak menghantar ( $t_2 - t_3$ ) seperti yang ditunjukkan pada gambar II.5c.

Jadi Diode  $D_1$  dan  $D_2$  bekerja secara bergantian masing-masing untuk  $\frac{1}{2}$  (setengah) periode, sehingga sepanjang waktu  $R_1$  selalu dilewati arus seperti yang ditunjukkan pada gambar II.5e, yang berbentuk pulsa-pulsa positif. Sehingga arus yang mengalir melalui  $R_1$  sudah searah, walaupun arus yang dihasilkan tersebut belum rata dan masih berbentuk *pulsating DC*.

### 3. Full Wave Dengan Sistem Jembatan

Penyearah dengan sistem jembatan paling banyak dipergunakan sebagai sumber tenaga dari pesawat/alat-alat arus lemah maupun arus kuat. Pada rangkaian sistem jembatan ini memerlukan empat buah diode. Sedangkan transformator tenaga tidak memerlukan center tap pada gulungan sekundernya seperti yang ditunjukkan pada gambar II.6.

Seperti gambar II.7. pada  $\frac{1}{2}$  (setengah) periode pertama terminal A positif dan terminal B negatif, maka diode  $D_1$  dan  $D_2$  akan menghantar. Sedangkan diode  $D_3$  dan  $D_4$  pada saat tersebut berada dalam keadaan reverse bias. Sehingga pada tahanan  $R_1$  akan mengalir arus dari X menuju Y yang berbentuk pulsa  $\frac{1}{2}$



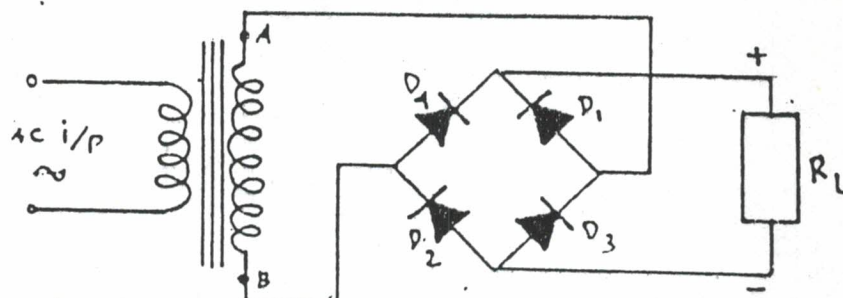
(setengah) sinus ( $t_1 - t_2$ ), lebih jelas ditunjukkan seperti pada gambar II.8.

Untuk  $\frac{1}{2}$  (setengah) periode berikutnya terminal A negatif dan terminal B positif, pada saat tersebut diode  $D_3$  dan  $D_4$  akan menghantar, lebih jelasnya ditunjukkan seperti pada gambar II.8. Dan Diode  $D_1$  dan  $D_2$  dalam keadaan reverse bias. Pada tahanan  $R_1$  tetap akan mengalir arus dari X menuju Y yang berbentuk pulsa  $\frac{1}{2}$  (setengah) sinus ( $t_3 - t_4$ ).

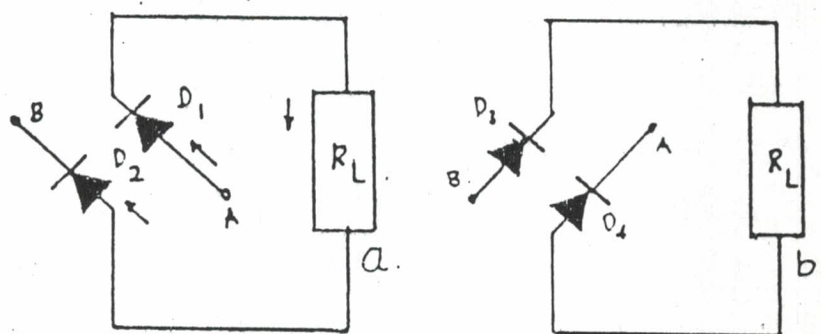
Dari uraian diatas bahwa penyearah dengan sistem jembatan mempunyai prinsip kerja yang sama dengan penyearah gelombang penuh (Full Wave), sehingga tegangan rata-rata yang dihasilkan pada  $R_1$  adalah

$$E_{\text{rata-rata}} = \frac{2 \cdot E_{\text{max}}}{\pi}$$

Kelebihan penyearah sistem jembatan tersebut adalah adanya dua buah diode yang tersambung seri, sehingga masing-masing diode hanya akan menahan tegangan reverse maksimum sebesar :  $E_{\text{max}}/2$

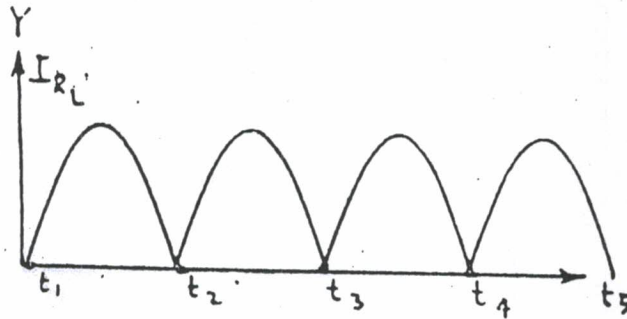


Gambar II.6. Rangkaian Bridge <sup>7</sup>



Gambar II.7. Potongan  $\frac{1}{2}$  Periode Untuk Rangkaian Bridge





Gambar II.8. Karakteristik Pulsa Rangkaian Bridge <sup>8</sup>

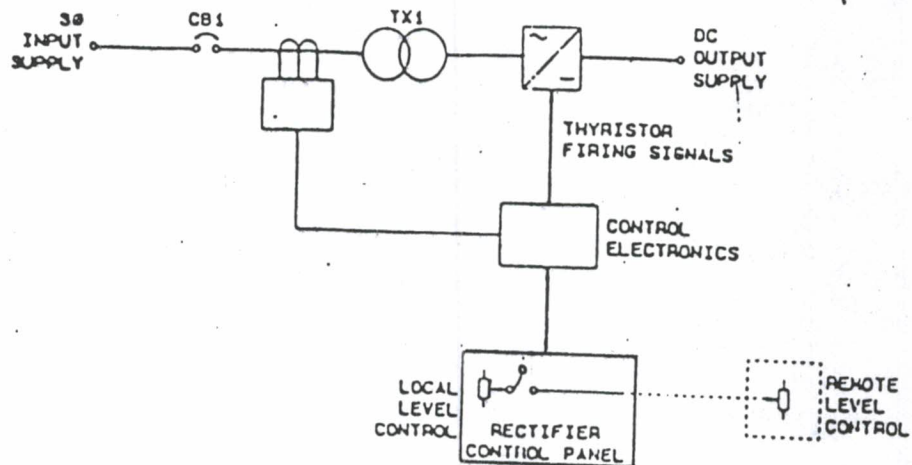
### C. THYRISTOR SEBAGAI RECTIFIER

#### 1. Penggunaan Thyristor

##### a. Thyristor Sebagai Control Rectifier

Dua set rectifier dengan Thycon yang memiliki arus 12.000 ampere di desain untuk mensupply arus DC secara kontinu ke proses Elektrolit Cell dalam pembuatan gas  $H_2$  dan  $O_2$ . Ke dua set rectifier tersebut beroperasi di bawah loop control yang tertutup, dengan menggunakan thyristor pengendali untuk mencapai arus output yang konstan. Lebih jelasnya Diagram Loop Control dapat dilihat pada gambar II.9.

8. Ibid, p.335



Gambar II.9. Diagram Loop Control Rectifier <sup>9</sup>

Sebuah panel kontrol rectifier tersebut melengkapi untuk satu sama lain dengan monitor secara penuh dan instrumen control, serta sebagai pengaman dan efisiensi kerja dari rectifier. Salah satu dari kedua level arus output DC dapat dikendalikan dengan memakai sebuah potensiometer di dalam panel control rectifier atau menempatkan sebuah potensiometer sebagai remote.

<sup>9</sup>. "Operation And Maintenance Manual", THYCON System Pty.Ltd.

*i. Data Mekanik*

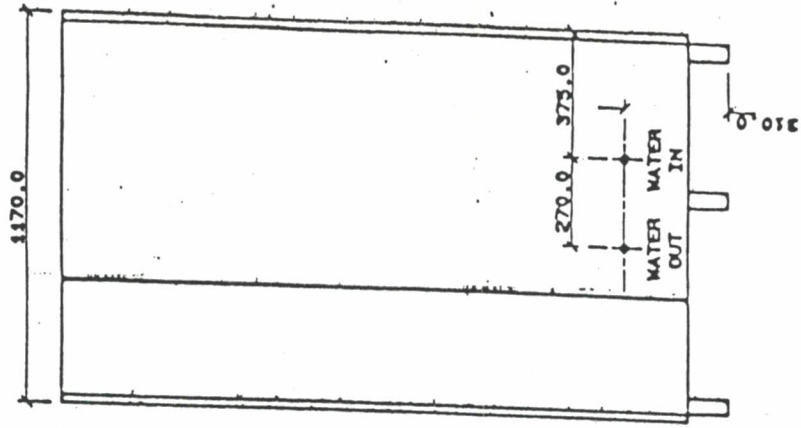
Seperti pada gambar II.10. panel yang terdiri dari 10

1. Input Circuit Breaker (CB1) yang dilengkapi dengan overcurrent dan undervoltage trip
2. Transformator daya (TX1)
3. Modul Thyristor yang dihubungkan dengan water-cooled heat sinks
4. Sebuah mothercard yang dihubungkan pada steker elektronik card sebagai monitor dan mengontrol rectifier
5. Dua buah exhaust fan pendinginan transformator daya
6. Busbar DC

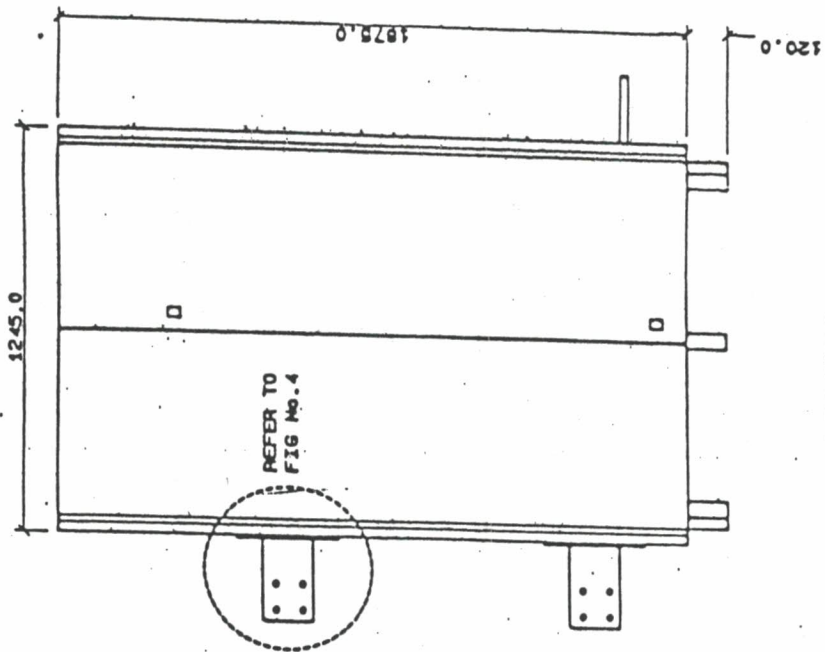
Sebuah sistem pendingin termasuk didalamnya untuk mendinginkan modul thyristor dan busbar DC secara langsung dan transformator daya secara tidak langsung lewat radiator. Air yang dipergunakan sebagai pendingin dilewatkan pada sisi luar heat sink thyristor dan juga pada heat sink busbar DC, sirkulasi tersebut yang melalui sebuah radiator sebelumnya dilewatkan pada sebuah pipa pendingin. Aliran air dan temperatur air detektor ditempatkan di dalam pipa water outlet. Layout tersebut dapat dilihat pada gambar II.11.

---

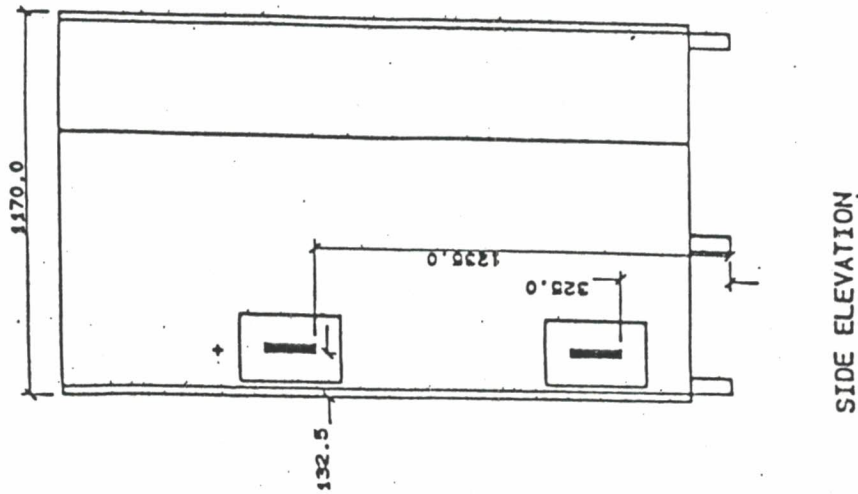
10. Ibid, p.1-2



SIDE ELEVATION



FRONT ELEVATION



SIDE ELEVATION

Gambar II.10. Dimensi Panel Rectifier

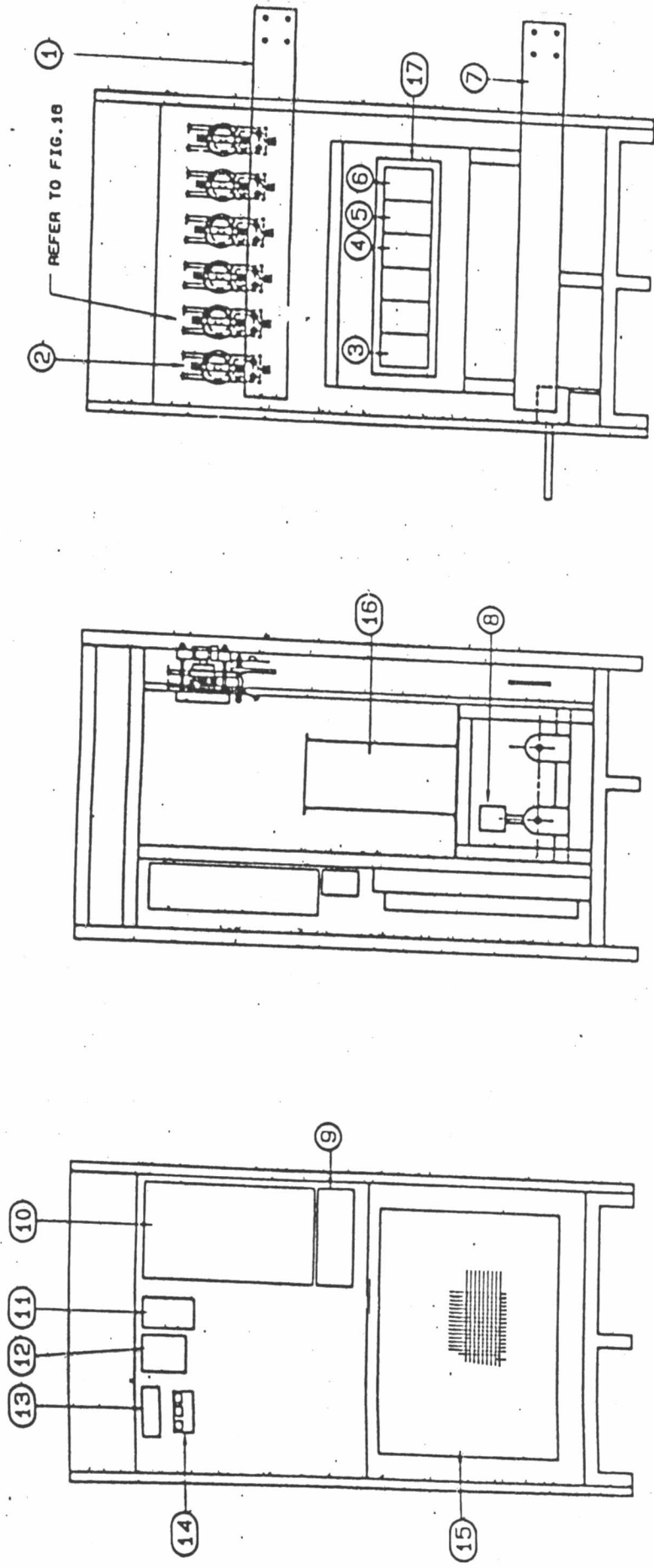


ii. Spesifikasi Peralatan <sup>11</sup>

1. Supply input ..... 3 phase 380 VAC  $\pm$  5%
  2. Supply frekwensi ..... 50 Hz
  3. Arus Input ..... 864 Ampere RMS
  4. Kondisi Operasi Rata-rata
    - a. Temperature maksimum ..... 40 °C
    - b. Kelembaban relatif ..... 90 %
  5. Temperatur air pendingin
    - masuk maksimum ..... 30 °C
  6. Kenaikan temperatur air pendingin
    - a. Batas aliran @ 60 l/mnt .....  $\pm$  8 °C
    - b. Batas aliran minimum ..... 54 l/mnt
  7. Arus output ..... 12.000 Ampere DC
  8. Tegangan Output ..... 0 - 38 Volt DC
  9. Jumlah thyristor ..... 6 buah
- Data untuk setiap thyristor adalah
- a. Batas tegangan maksimum maju ... 1.200 Volt DC
  - b. Batas arus nominal ..... 9.100 Ampere RMS
  - c. Temperatur maksimum yang
    - dijinkan ..... 200 °C
  - d. Batas tegangan maksimum reverse 1.200 Volt DC

---

11. Ibid, p.1-3



FRONT ELEVATION

SIDE ELEVATION

BACK ELEVATION

ITEM No.	DESCRIPTION
1	+OC BUSBAR
2	THYRISTOR MODULE
3	PRS/3-PRECISION REGULATED SUPPLY
4	SACC-ANODISER CONTROL CARD
5	SATF-AMPLIFIER CARD
6	3FC/2-THREE PHASE FIRING CARD
7	-OC BUSBAR
8	WATER FLOW METER
9	CTVT-CURRENT TRANSFORMER/VO. TAGE TRANSFORMER MODULE

ITEM No.	DESCRIPTION
10	CB1-RECTIFIER INPUT CIRCUIT BREAKER
11	CB2-AUXILIARY CIRCUIT BREAKER
12	415/240V STEP DOWN TRANSFORMER
13	RBREM TERMINAL STRIP
14	REFERENCE TRANSFORMER MODULE
15	RADIATOR
16	TX1-POWER TRANSFORMER
17	MOTHERCARD

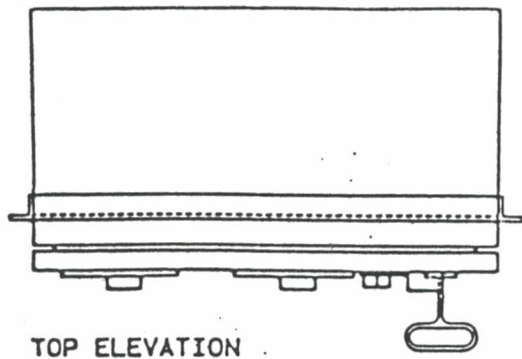
Gambar II.11. Layout Internal Dari Panel



### *iii. Fasilitas Monitor dan Remote Control*

Setiap set rectifier dilengkapi dengan sebuah panel control yang terdiri dari instrumentasi dan control. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar II.12. Data control panel adalah sebagai berikut :

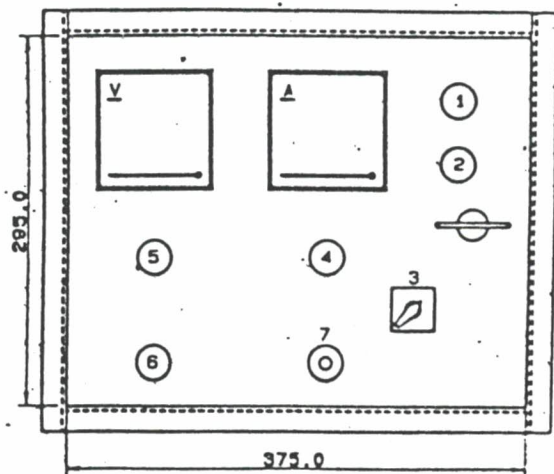
1. 0 - 50 Volt DC Voltmeter
2. 0 - 15.000 Ampere DC Amperemeter
3. Indikator Lampu on (merah)
4. Lampu rectifier on (putih)
5. Pushbutton start rectifier (hijau)
6. Pushbutton stop rectifier (merah)
7. Switch selector untuk remote/local. Hal ini digunakan salah satu dari keduanya baik untuk remote atau local level control potensiometer yang merupakan bagian dari perlengkapan arus setting.
8. Local level control potensiometer. Bila switch remote/local setting ke local, control ini untuk mengatur arus output DC dari rectifier.
9. Pushbutton stop untuk emergency (merah). Pushbutton tersebut merupakan type latching yang mana harus ditekan untuk mengaktifkan dan mereset.



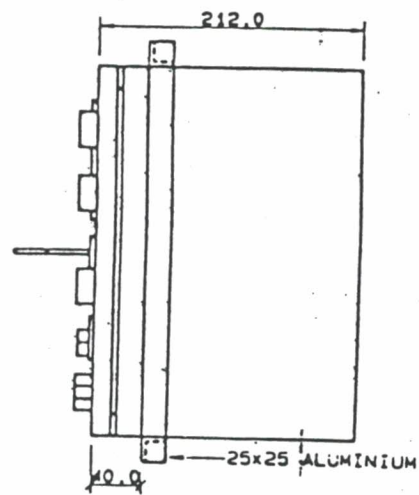
TOP ELEVATION

Keterangan :

1. Power On Lampu (Merah).
2. Rectifier On Lampu (Putih).
3. Switch Lokal / Remote.
4. Tombol Start Rectifier (Hijau).
5. Tombol Stop Rectifier (Merah).
6. Tombol Stop Emergency (Merah).
7. Level Kontrol Lokal.



FRONT ELEVATION



SIDE ELEVATION

Gambar II.12. Dimensi Panel Control Rectifier dan Instrument.

**b. Gambaran Teknis**

Rectifier control elektronik terdiri dari rangkaian card circuit dan module sebagai berikut :

1. Card Control Anodizer 5ACC
2. Card Amplifier 5ATF
3. Card firing 3 Phase 3FC/2
4. Card Supply Pengaturan Presisi PRS/3
5. Module Transformator Supply Pengaturan Presisi PRST
6. Module Transformator Tegangan - Transformator Arus CTVT
7. Module Transformator Reference REF TX Module
8. Supply Peralatan Berat HDS

Card 1 sampai 4 direkatkan pada card induk yang terletak pada bagian belakang panel rectifier. Rectifier control elektronik lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar II.11.

**i. Card Control Anodizer (5ACC)**

Prinsip dari card tersebut adalah mengontrol rectifier dalam operasi manual dan otomatis, disamping itu juga untuk mengamankan peralatan dengan memberi respon pada waktu shutdown.

**ii. Card Amplifier (5ATF)**

Tujuan dari card tersebut adalah untuk mengisi 3 chanel yang sama. Setiap chanel tersebut dihubungkan dengan output maupun input dan digunakan sebagai pembatas jalur arus generator.

iii. *Card Firing 3 Phase (3FC/2)*

Card tersebut memiliki dua fungsi sebagai berikut :

1. Card tersebut untuk merubah tegangan DC di dalam firing control signal.
2. Card tersebut juga untuk merubah firing control signal dengan level rendah ke dalam signal modulasi level tinggi yang sesuai untuk gate thyristor melalui pemisahan pulsa transformator.

iv. *Card Supply Pengaturan Presisi (PRS/3)*

Card tersebut terdiri dari tiga type seri konvensional tegangan regulator. Pengaturan tegangan output secara berturut-turut adalah  $\pm 12$  volt DC sampai  $\pm 25$  volt DC dan diatur sampai  $\pm 2\%$  dari nilai nominal.

v. *Module Transformator Supply Pengaturan Presisi (PRST)*

Pengaturan supply tegangan transformator yang presisi adalah untuk melengkapi tegangan DC yang tidak teratur. Card tersebut terdiri dari dua transformator yang identik dengan tap sekunder 18 volt dan 28 volt RMS. Dari tap sekunder transformator tersebut dipasang rangkaian rectifier gelombang penuh yang berupa jembatan diode.

*vi. Module Transformator Tegangan - Transformator Arus*

Fungsi dari module tersebut sebagai power/elektronik control antar phase untuk circuit breaker. Module tersebut terdiri dari dua rangkaian card yang terpisah. Kesemua signal control tersebut dihubungkan melalui 20 kabel.

*vii. Module Transformator Reference (REF TX MODULE)*

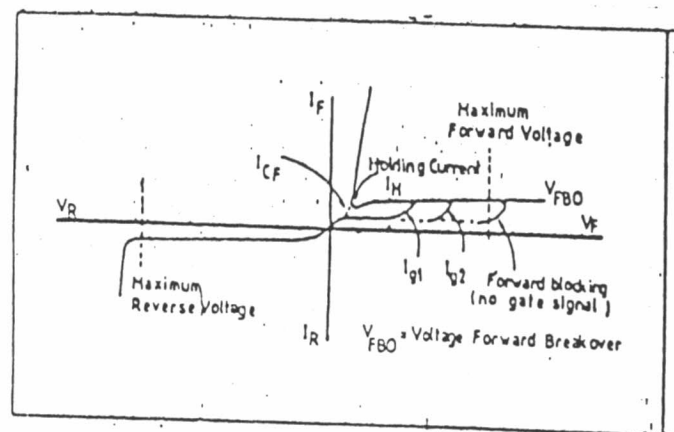
Module transformator reference tersebut tersedia didalam instalasi panel, bentuk gelombang reference tegangan input tersebut dibutuhkan untuk membangkitkan signal penyulutan/penyalan yang dapat diperoleh dari CTVT module. Module transformator reference terdiri dari 3 (tiga) transformator step/down dengan tegangan 380/10 volt yang dihubungkan phase ke phase dengan menambah fungsi yang lain.

## 2. Sistem Penyalan

Thyristor merupakan komponen power semi konduktor yang berfungsi sebagai diode tetapi dilengkapi dengan suatu elektroda pengontrol (gate) yang berfungsi sebagai penerima sinyal trigger pengatur saat konduktif. Thyristor mampu memblokir/menahan tegangan antara anoda dan katode ( $V_{ak}$ ) dalam kedua arah tegangan maju ( $V_f$ ) dan tegangan arah mundur ( $V_r$ ), apabila arus gate tidak diberikan. Karena sifat ini maka thyristor disebut dengan SCR (Silicon Control Rectifier) simbol, struk-

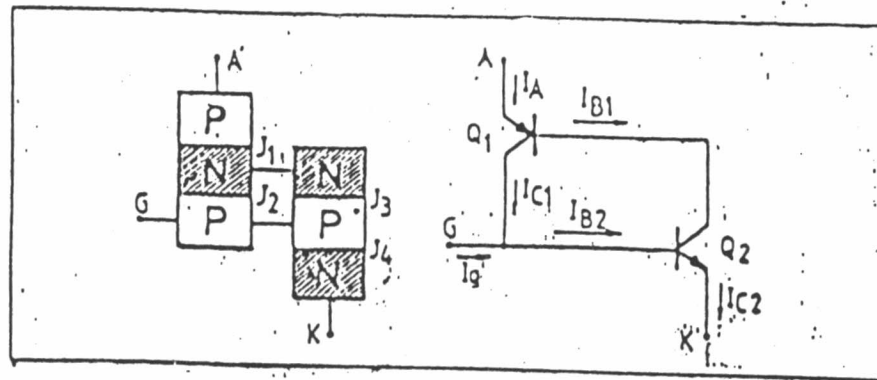
tur dan karakteristik statis dari thyristor dapat dilihat pada gambar II.13.

Untuk menerangkan cara kerja thyristor dapat dipakai analogi thyristor dengan dua buah transistor, dapat dilihat gambar II.14. Cara kerja analogi thyristor tersebut adalah jika pada elektroda gate diberikan pulsa penyalaan maka transistor  $Q_2$  akan ON, mengalir arus  $I_{C2} = I_{B1}$ . Arus ini akan langsung mengaktifkan  $Q_1$ . Transistor  $Q_1$  akan mencatu arus base  $Q_2$  dan  $Q_2$  mencatu arus  $Q_1$ . Dalam kondisi ini  $Q_1$  dan  $Q_2$  akan tetap ON, walaupun pulsa penyalaan pada gate ( $I_g$ ) dihilangkan, asalkan  $V_{ak}$  cukup besar sehingga  $I_a = I_{C2}$  lebih besar dari pada  $I_h$  (holding Current) yang merupakan arus minimal agar thyristor tetap ON.



Gambar II.13. Karakteristik Statis Thyristor





*Gambar II.14. Analogi Thyristor Dengan Dua Transistor*

### 3. Karakteristik Penyalaan

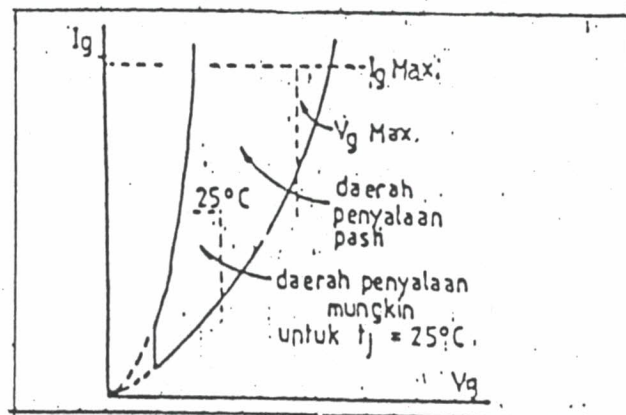
Dalam pengoperasiannya, thyristor harus dipastikan dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Oleh karena itu salah satu faktor yang harus diperhatikan adalah karakteristik arus gate yang harus pasti menyalakan thyristor.

Untuk suatu signal pulsa penyalaan gate, terdapat beberapa kemungkinan sebagai berikut

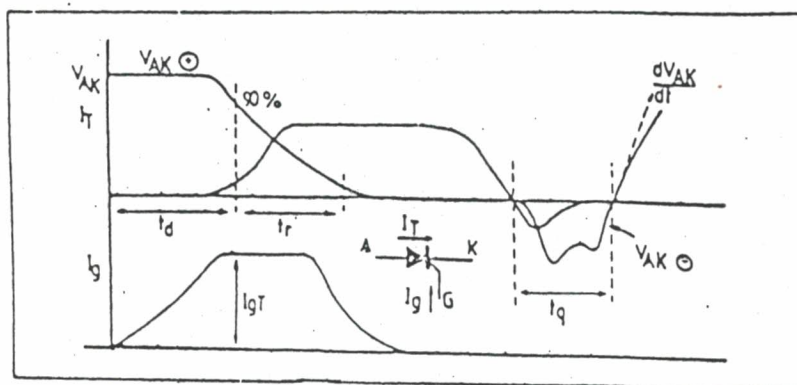
- Pulsa gate secara pasti menyalakan thyristor.
- Pulsa gate secara pasti tidak menyalakan thyristor.
- Pulsa gate tadi terlalu besar sehingga dapat merusak thyristor pada junction Gate - Katode.

Setiap thyristor mempunyai karakteristik tersendiri dan akan berbeda untuk  $T_j$  (temperatur junction) yang lain. Dengan mengetahui karakteristik thyristor dari data sheet, harga  $V_g$  dan  $I_g$  yang akan memberikan penyalaan yang pasti dan aman untuk semua kondisi kerja. Karakteristik penyalaan thyristor dapat dilihat pada gambar II.15. Adanya Thyristor sebagai saklar elektronik, thyristor akan mempunyai karakteristik tersendiri dalam proses switching. Karakteristik tersebut ditunjukkan pada gambar II.16.

- $t_d$  : time delay, waktu tunda terhitung dari  $I_g = 10\%$  hingga tegangan  $V_{ak}$  menurun sampai harga  $90\%$ .
- $t_r$  : rise time, waktu yang terhitung dari  $V_{ak} = 90\%$  menjadi  $V_{ak} 10\%$ .
- $t_{on}$  :  $t_d + t_r$
- $t_q$  : waktu yang diperlukan thyristor untuk memperoleh sifat membloking/menahan tegangan maju ( $V_f$ ).



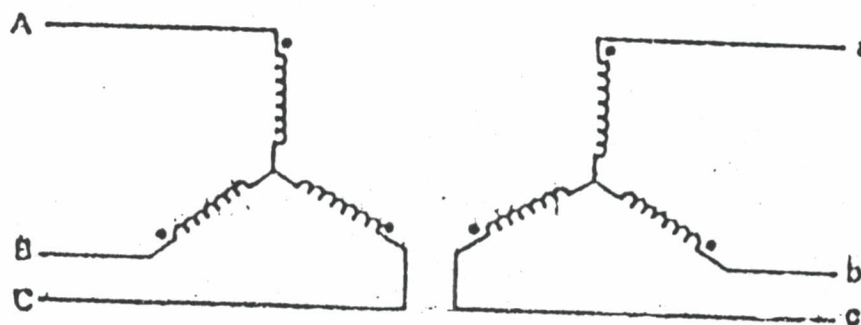
Gambar II.15. Karakteristik Penyalaan Thyristor



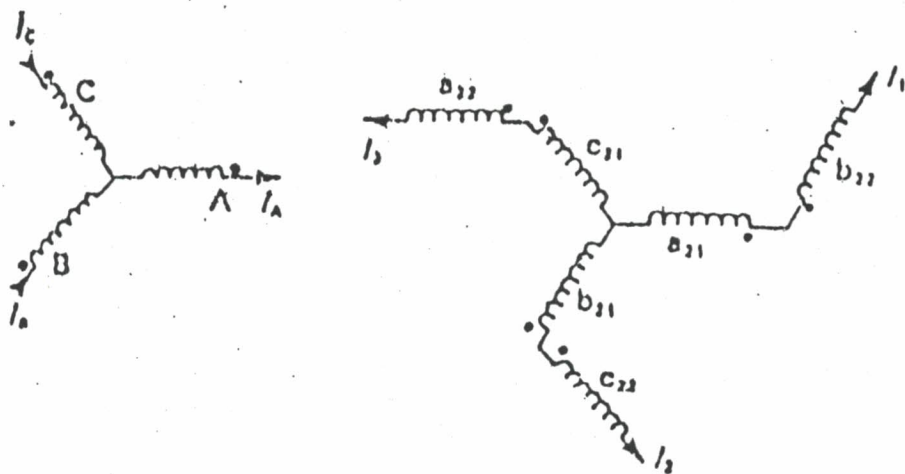
Gambar II.16. Karakteristik Switching Thyristor

#### 4. Thyristor Converter

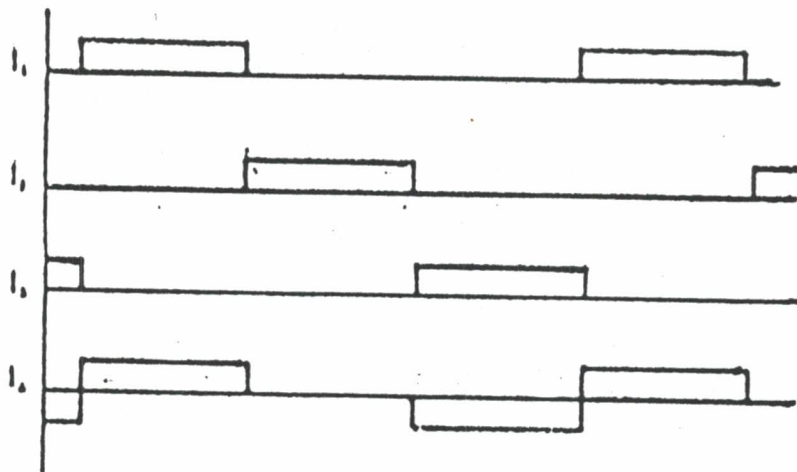
Sebuah transformator tiga phase dengan converter  $\frac{1}{2}$  gelombang seperti yang ditunjukkan hubungan langsung untuk supply tiga phase. Dalam prakteknya, converter sering mendapat supply dari transformator. Bila salah satu hubungan transformator bintang - bintang, seperti yang ditunjukkan pada gambar II.17, dimana dipergunakan bukan untuk arah aliran arus di dalam masing-masing phase dan merupakan jumlah magnetisasi DC pada inti transformator. Hal ini menjaga terjadinya hubungan antara kumparan bintang seperti gambar II.18. yang digunakan dalam cabang aliran-aliran arah arus pada setiap kumparan primer.



Gambar II.17. Transformator Bintang-Bintang



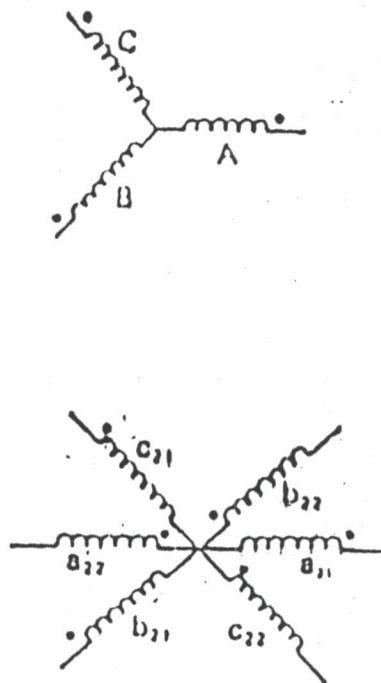
Windings  $a_{11}$  and  $a_{11}$ , couple with winding A etc



Gambar II.18. Kumparan Hubungan Star

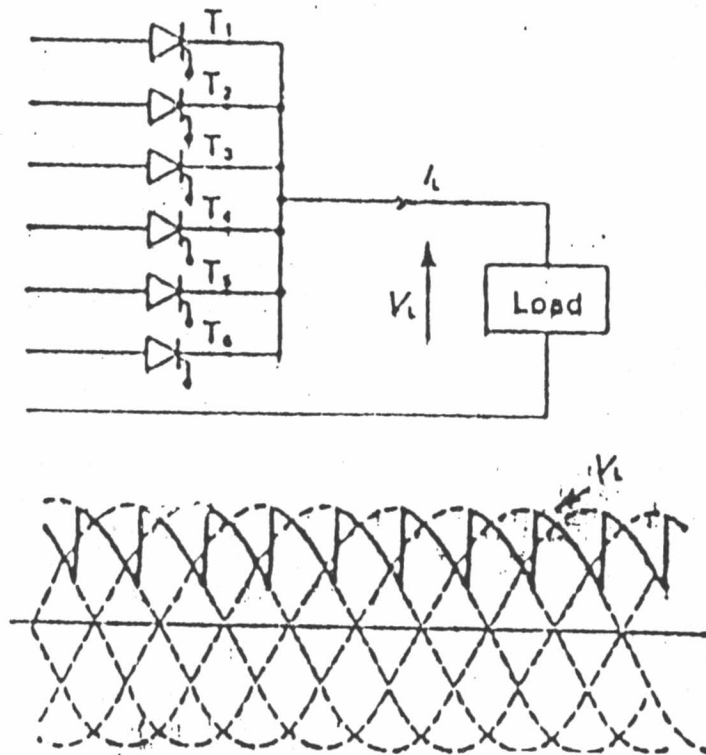
Jika transformator dihubungkan seperti gambar II.19. digunakan secara efektif dengan memperoleh supply enam phase, sehingga dapat digunakan dengan enam phase sebagai converter half wave seperti yang ditunjukkan pada gambar II.20. Dalam prakteknya, hubungan transformator tersebut sederhana, yang mana dalam aliran arus pada masing-masing phase belitan primer

hanya untuk sepertiga dari sebuah putaran, hal itu tidak digunakan secara normal, seperti arus harmonik level tinggi dalam sistem primer. Penurunan level pada arus primer harmonik percabangan hubungan bintang dapat digunakan dalam aliran arus di dalam masing-masing phase pada belitan primer untuk dua per tiga dari putaran. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar II.21.



*Gambar II.19. Konfigurasi Transformator Menjadi  
Output 6 Phase Yang Effectif*



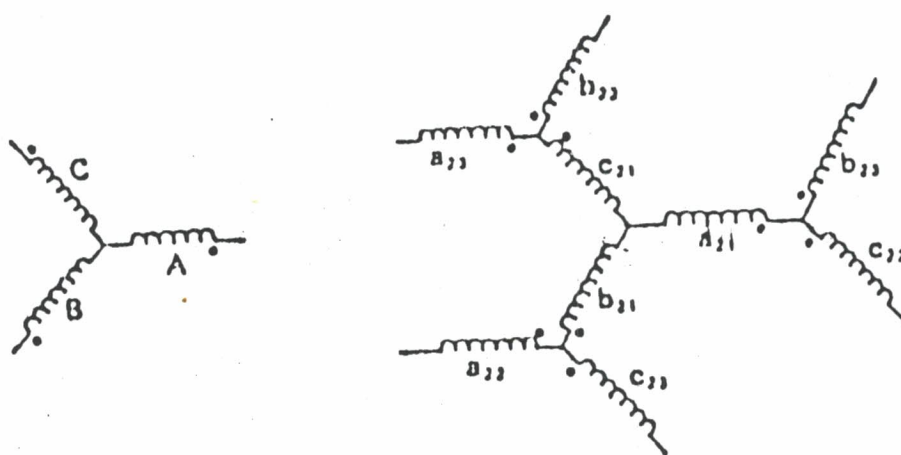


*Gambar II.20. Half Wave 6 Phase, Converter Hubungan Penuh*

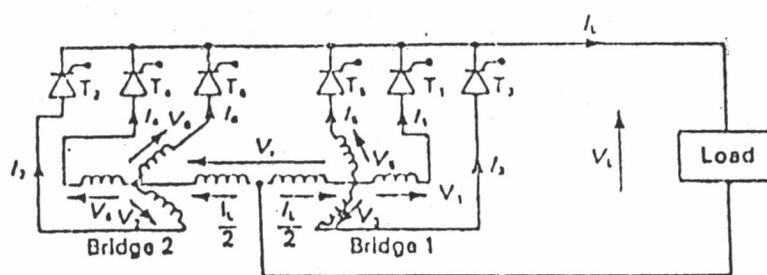
Seperti belitan transformator non konvensional memiliki susunan dan harga yang mahal sehingga dapat digunakan, secara detail dapat dilihat pada gambar II.22. Dimana bagian-bagian dari belitan bintang sisi sekunder terdiri dari dua set yang dihubungkan antara phase-phase reaktor atau transformator. Masing-masing group pada thyristor (T1, T3, T5 dan T2, T4, T6) dimana dioperasikan seperti tiga phase pada umumnya, bridge half wave, dengan masing-masing penghantar thyristor yang mempunyai sudut  $120^\circ$ . Di bawah kondisi tegangan beban dimana rata-rata tegangan satu per satu pada group tiga phase dapat dilihat seperti pada gambar II.22.b. Perbedaan potensial

silang antara phase reactor tersebut di antara perbedaan tegangan pada group tiga phase masing-masing satu phase.

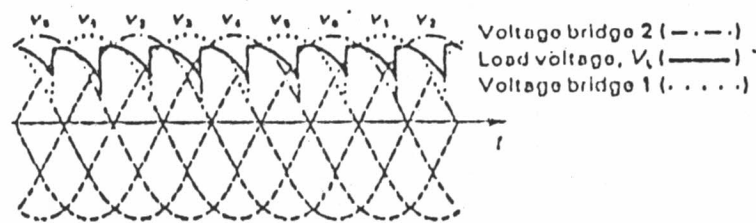
Aksi antara phase reactor tergantung adanya sebuah arus magnetisasi yang mengalir di antara bagian belitan bintang, menyebabkan sedikit ketidakseimbangan antara beberapa arus di di dalam phasanya pada reactor. Kembalinya arus magnetisasi melalui penghantar thyristor di dalam masing-masing bridge, dalam satu tempat seperti arus reverse. Masing-masing arus magnetisasi menuju aliran arus beban yang mempunyai arus magnetisasi besar. Oleh karena itu sebuah converter ditentukan type sebelum dioperasikan dalam hubungan beban secara permanen dimana mendapatkan sebuah arus lebih dari arus magnetisasi yang menjamin ketepatan operasi pada converter untuk semua penambahan beban.



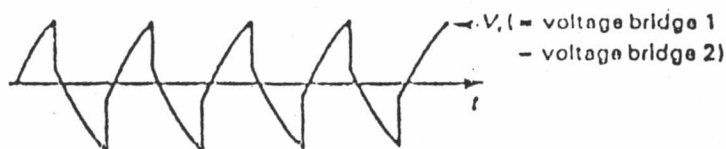
Gambar II.21. Hubungan Transformator Cabang Bintang



(a) Converter with interphase reactor

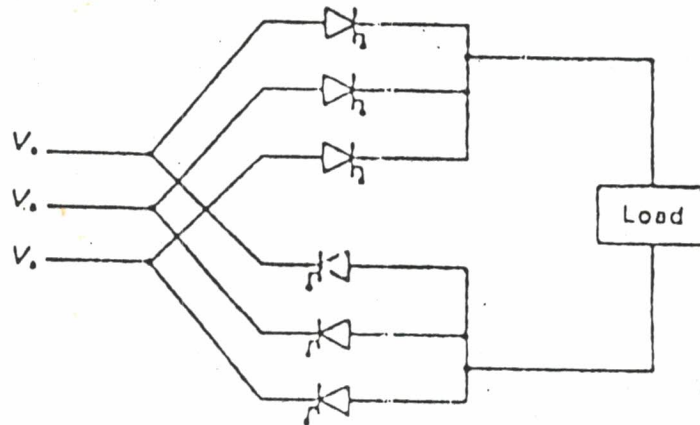


(b) Output of bridge circuits and load voltage

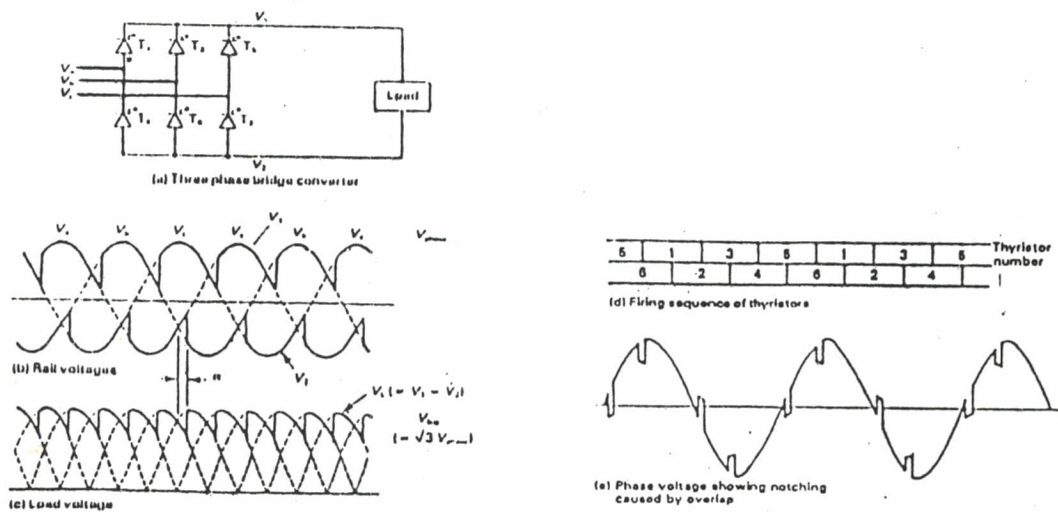
(c) Reactor Voltage  $V_r$ 

**Gambar II.22. Converter Dengan Antara Phase Reactor**

Gambar II.23. menunjukkan tiga phase dua buah converter, yang rangkaiannya dihubungkan bridge half wave ke positif untuk operasional off dan negatif untuk kecepatannya pada supply waveform secara berturut-turut. Yang mana umumnya dikenal dengan tiga phase, rangkaian bridge 6 (enam) pulse, biasanya dihubung seri seperti pada gambar II.24. Pada setiap penghantar thyristor untuk sudut  $120^\circ$ , dengan tiap-tiap sudut penyalan  $60^\circ$ .

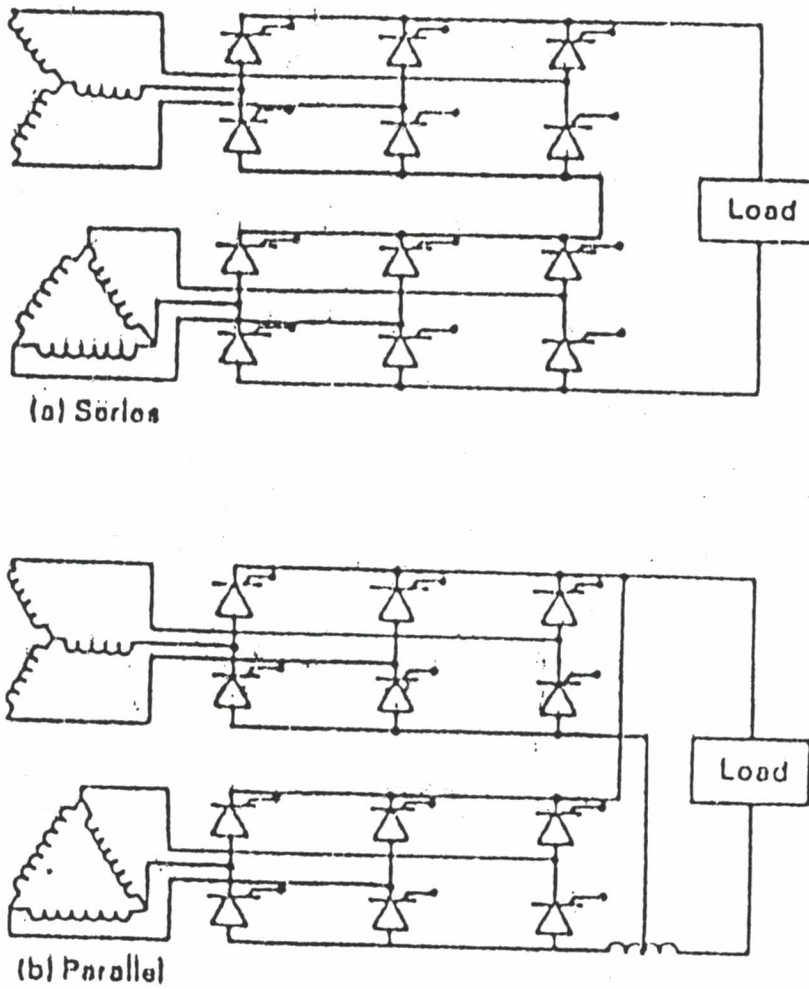


Gambar II.23. Converter Tiga Phase Full Wave Dibentuk Dua Hubungan Dengan Tiga Phase Half Wave



Gambar II.24. Pengoperasian Pada Converter Bridge 3 Phase

Dalam kondisi operasi secara normal dua buah thyristor akan memberikan penghantar secara serentak pada sepasang thyristor dengan memberikan penyulutan gate secara bersamaan dalam kondisi pengoperasian converter. Dalam praktek rata-rata salah satu thyristor selalu disuplai dengan dua sudut signal penyalaan  $60^\circ$  pada kondisi yang terpisah. Kedua Signal tersebut sangat sedikit sekali pengaruhnya terhadap pengoperasian Bridge Thyristor pada saat pemakaian penghantar thyristor. Untuk pemakaian seperti pada power DC transmisi, dibutuhkan jumlah pulsa paling tinggi pada suatu rangkaian tersebut. Seperti pada gambar II.25. dua tampilan arah masuk pada kedua Bridge yang mempunyai enam pulsa yang dapat dikombinasikan pada transformer dengan perubahan sudut phase  $30^\circ$  antara belitan sekunder, untuk menghasilkannya berlaku bridge dengan duabelas pulsa. Jumlah pulsa yang tertinggi dapat diperoleh dengan menggabungkan rangkaian converter enam pulsa sebagai dasarnya pada beberapa perubahan phase transformator. Sebuah rangkaian DC terdiri dari dua rangkaian dengan enam pulsa, yang merupakan converter bridge dengan kontrol penuh, type ini dapat dilihat pada gambar II.24(a).



*Gambar II.25. Konfigurasi Bridge 12 Pulsa*

*Dengan Menggunakan Bridge 2 x 6 Pulsa*