

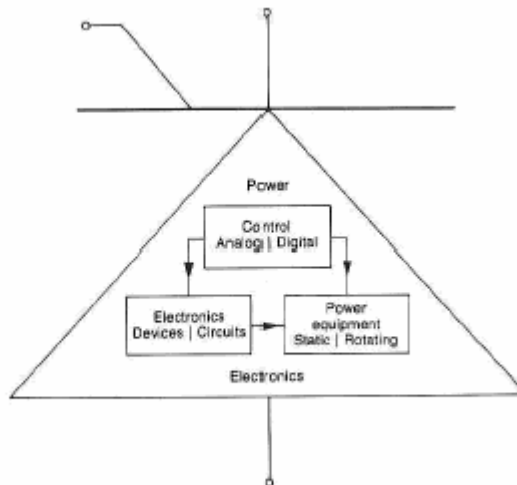
# Elektronika Industri

## Pendahuluan

Disiplin ilmu yang mempelajari penggunaan teknologi elektronika berdaya besar dan sistem yang digunakan dalam industri khususnya konversi energi (daya) listrik.

Mengapa energi (daya) listrik perlu dikonversikan?

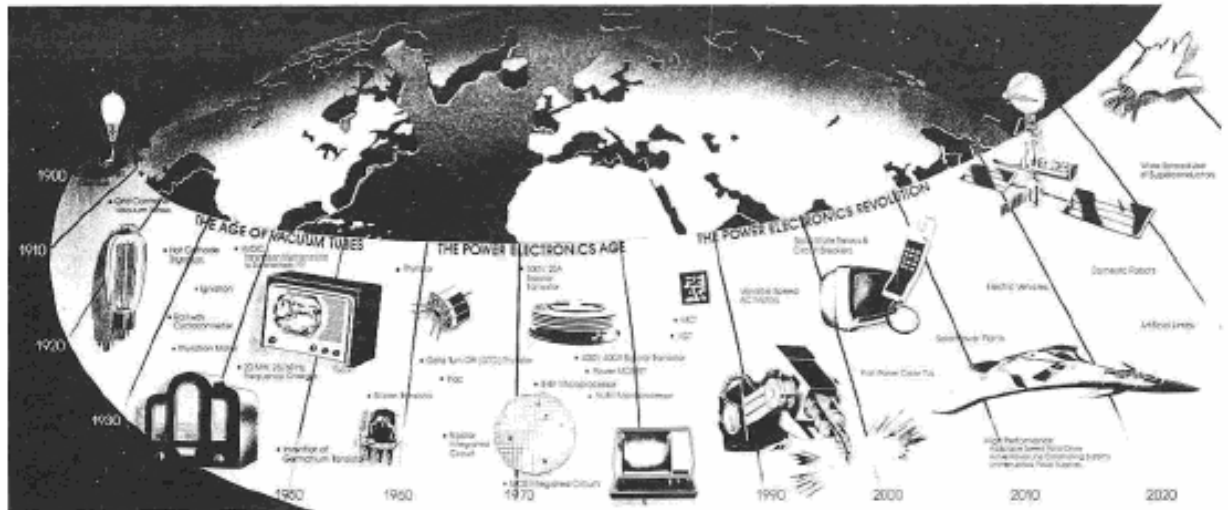
- Hampir semua peralatan listrik bekerja kurang efisien atau tidak bisa bekerja pada sumber energi (daya) listrik yang tersedia.
- Banyak pembangkit energi (daya) listrik nonkonvensional mempunyai bentuk yang tidak kompatibel dengan sumber energi (daya) elektrik lainnya.



Hubungan antara elektronika daya terhadap daya, elektronik dan kontrol

## Sejarah

Bermula diperkenalkan penyearah busur merkuri 1900, metal tank, grid-controlled vacuum tube, ignitron, phanotron dan thyatron semua ini untuk kontrol daya hingga tahun 1950. Tahun 1948 ditemukan transistor silikon, kemudian tahun 1956 ditemukan transistor pnpn *triggering* yang disebut dengan thyristor atau silicon controlled rectifier. Tahun 1958 dikembangkan thyristor komersial oleh general electric company.



## Komponen Semikonduktor untuk Kontrol Daya :

1. Power Diodes
2. Thyristors
3. Power Bipolar Junction Transistors (BJTs)
4. Power MOSFETs
5. Insulated-Gate Bipolar Transistors (IGBTs)
6. Static Induction Transistors (SITs)

## Komponen Semikonduktor untuk Rangkaian Penyulutan

1. Unijunction Transistor (UJT)
2. Programmable Unijunction Transistor (PUT)
3. DIAC untuk penyulutan thyristor
4. Komponen lainnya untuk penyulutan :

## Diode Daya

### 1. General-purpose diodes

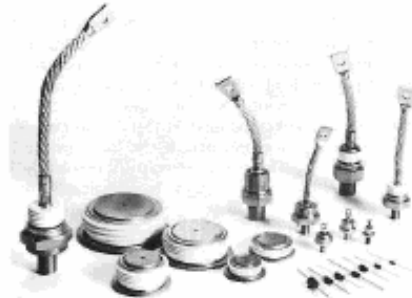
: up to 3000V, 3500A

### 2. High speed (or fast-recovery) diodes

: up to 3000V, 1000A

reverse recovery time varies between 0.1 and 5 $\mu$ s.

### 3. Schottky



## Thyristor

### 1. Forced-commutated thyristor

### 2. Line-commutated thyristor

### 3. Gate-turn-off thyristor (GTO)

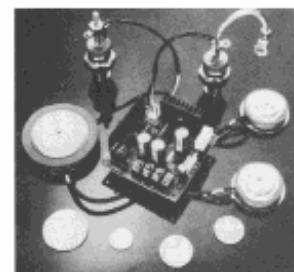
### 4. Reverse-conducting thyristor (RCT)

### 5. Static induction thyristor (SITH)

### 6. Gate-assisted turn-off thyristor (GATT)

### 7. Light-activated silicon-controlled rectifier (LASCR)

### 8. MOS-controlled thyristor (MCT)



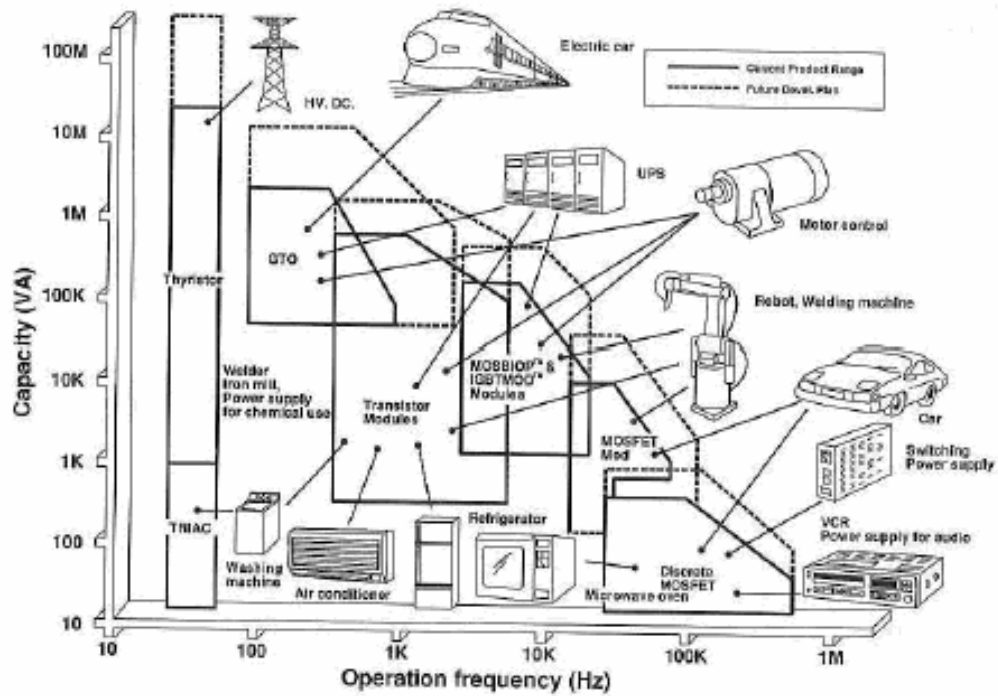
## Rating Komponen Semikonduktor Daya

Type	Voltage/current rating	Upper frequency (Hz)	Switching time ( $\mu$ s)	On-state resistance ( $\Omega$ )	
Diodes	General purpose	5000 V/5000 A	1k	100	0.16m
	High speed	3000 V/1000 A	10k	2-5	1m
	Schottky	40 V/60 A	20k	0.23	10m
Forced-turned-off thyristors	Reverse blocking	5000 V/5000 A	1k	200	0.25m
	High speed	1200 V/1500 A	10k	20	0.47m
	Reverse blocking	2500 V/400 A	5k	40	2.16m
	Reverse conducting	2500 V/1000 A	5k	40	2.1m
	GATT	1200 V/400 A	20k	8	2.24m
TRIACs	Light triggered	6000 V/1500 A	400	200-400	0.53m
		1200 V/300 A	400	200-400	3.57m
Self-turned-off thyristors	GTO	4500 V/3000 A	10k	15	2.5m
	SITH	4000 V/2200 A	20k	6.5	5.75m
Power transistors	Single	400 V/250 A	20k	9	4m
		400 V/40 A	20k	6	31m
		630 V/50 A	25k	1.7	15m
	Darlington	1200 V/400 A	10k	30	10m
SITs		1200 V/300 A	100k	0.55	1.2
Power MOSFETS	Single	500 V/8.6 A	100k	0.7	0.6
		1000 V/4.7 A	100k	0.9	2
		500 V/50 A	100k	0.6	0.4m
IGBTs	Single	1200 V/400 A	20k	2.3	60m
MCTs	Single	600 V/60 A	20k	2.2	18m

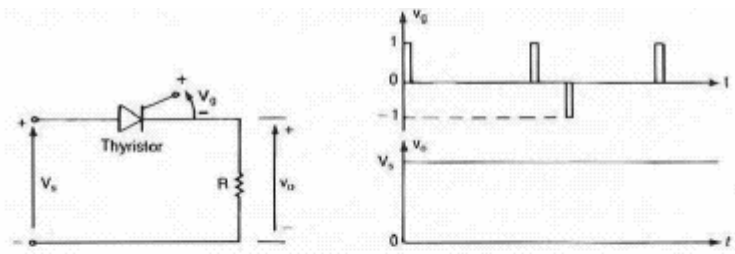
Karakter dan simbol beberapa komponen elektronika berdaya besar :

Divisi	Simbol	Characteristics
Diode		
Thyristor		
GTH		
GTO		
MCT		
TRAC		
LASOR		
NPN BJT		
IGBT		
N-Channel MOSFET		
IGT		

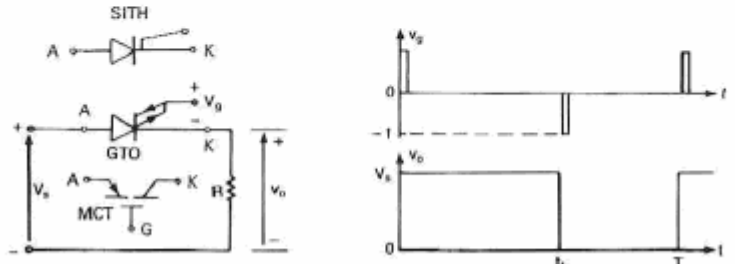
## Penerapan Devais daya



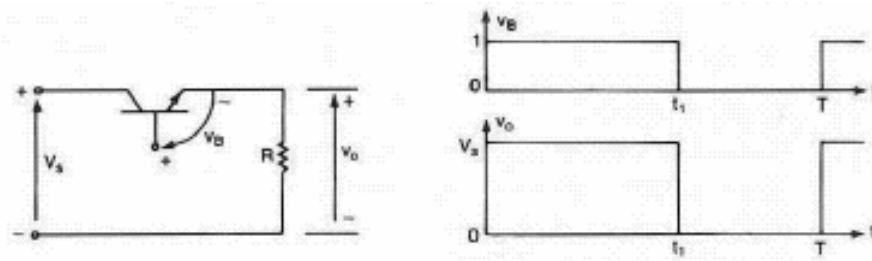
## Karakteristik Kontrol Devais pensaklaran Daya



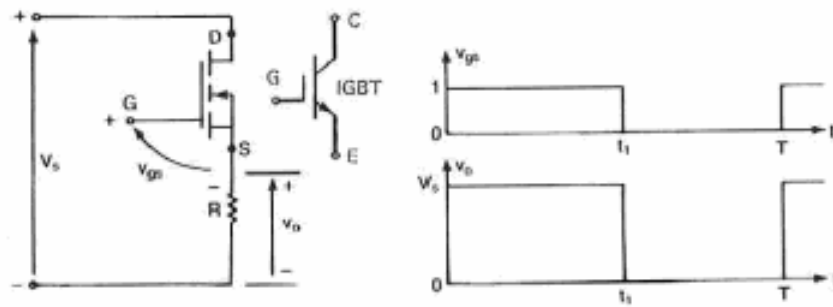
(a) Thyristor switch



(b) GTO/MCH/SITH switch



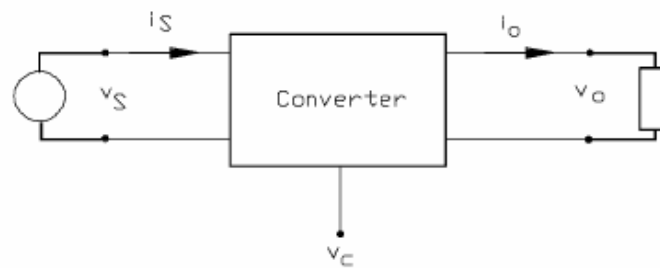
(c) Transistor switch



(d) MOSFET/IGBT switch

### Tipe - tipe rangkaian Elektronika Daya

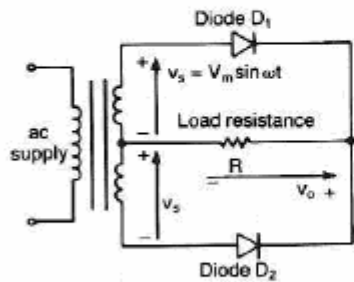
1. Penyearah Diode
2. Konverter ac - dc (penyearah terkendali)
3. Konverter ac - ac (pengaturan tegangan ac)
4. Konverter dc - dc (dc chopper)
5. Konverter dc - ac (inverter)
6. Saklar/switch statis



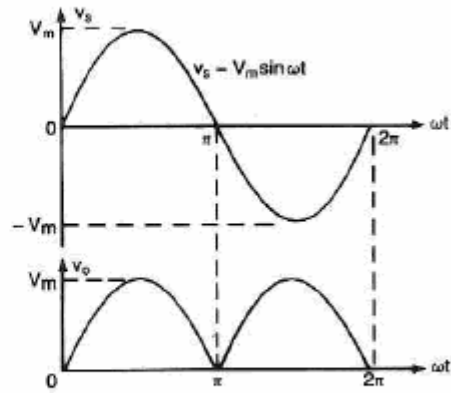
		OUTPUT	
		dc	ac
SOURCE	ac	Rectification	ac control
	dc	Conversion	Inversion

## 1. Penyearah

### ▪ Single-phase rectifier circuit



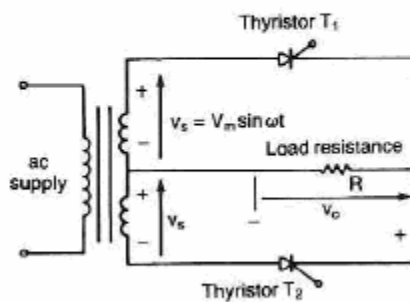
(a) Circuit diagram



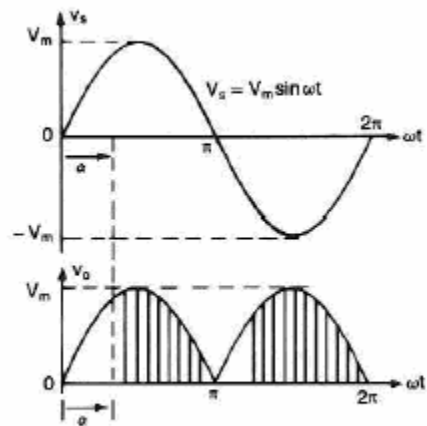
(b) Voltage waveforms

## 2. Konverter ac - dc

### ▪ Single-phase ac-dc converter



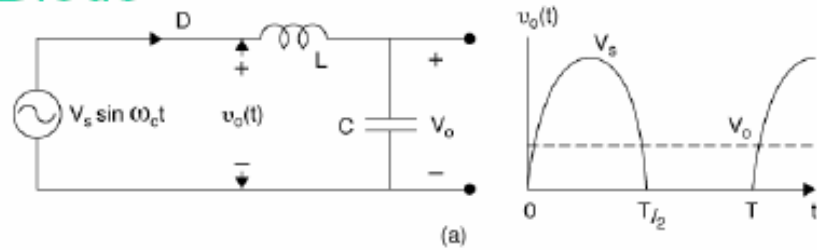
(a) Circuit diagram



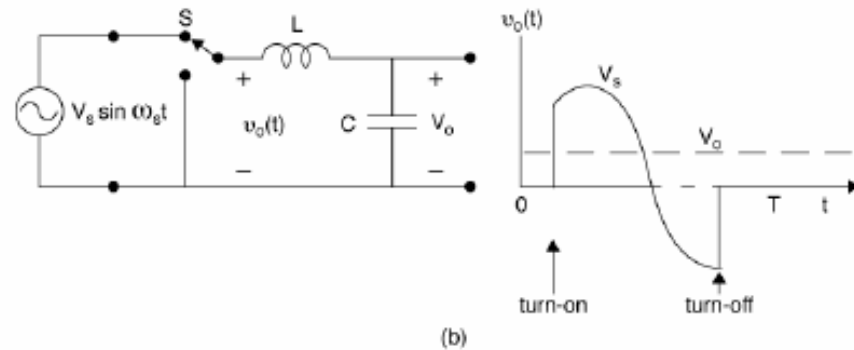
(b) Voltage waveforms



- Using Diode

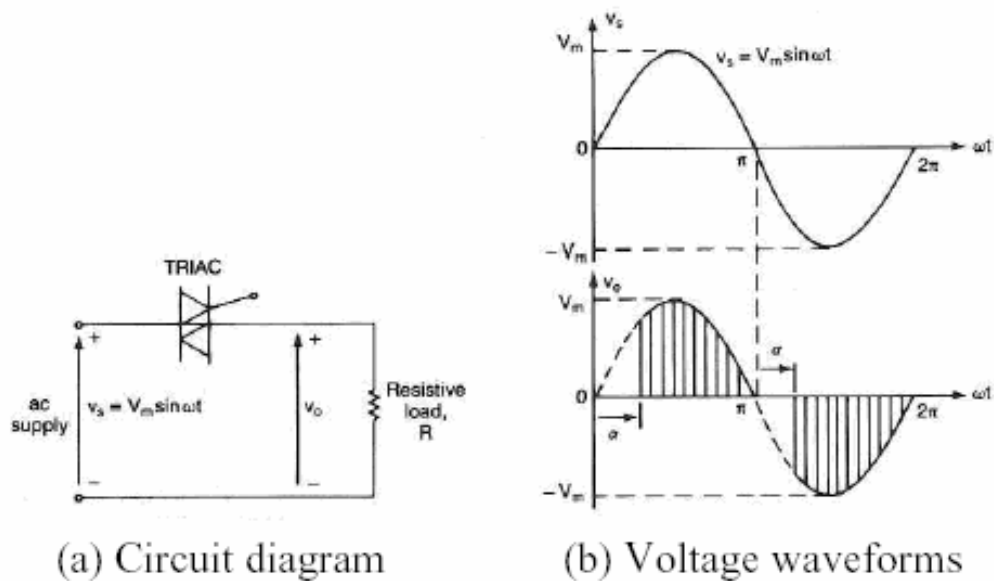


- Using a Switch

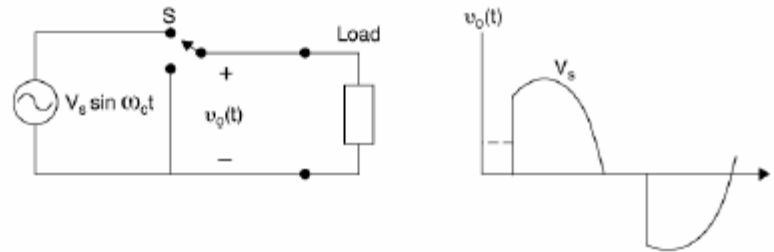


### 3. Konverter ac - ac

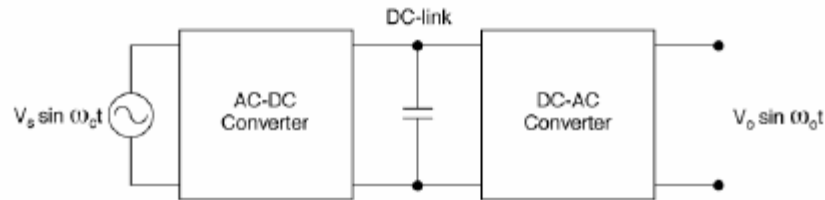
- Single-phase ac-ac converter



- A basic ac-ac converter (controller)

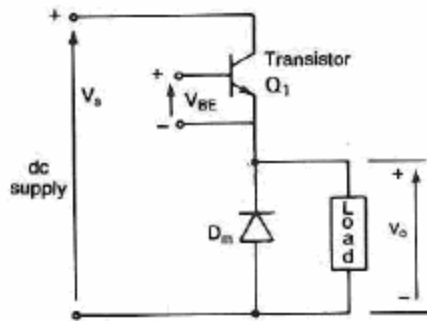


- A dc-link ac-ac converter

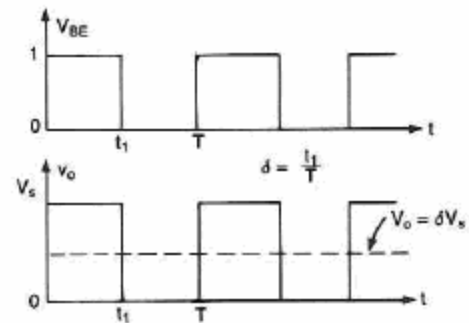


#### 4. Konverter dc - dc

- dc-dc converter



(a) Circuit diagram



(b) Voltage waveforms

## 5. Inverter

### ▪ Application

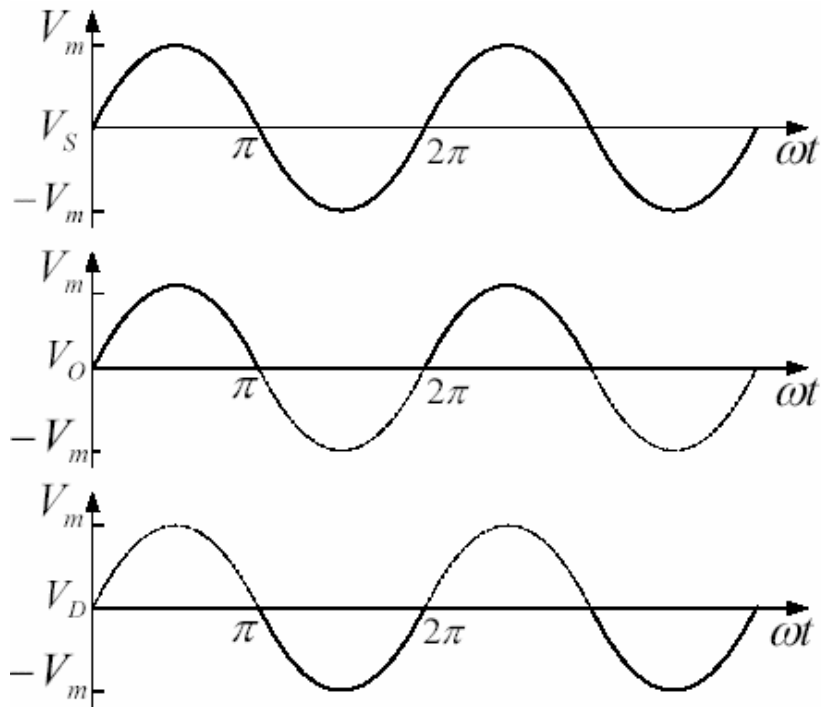
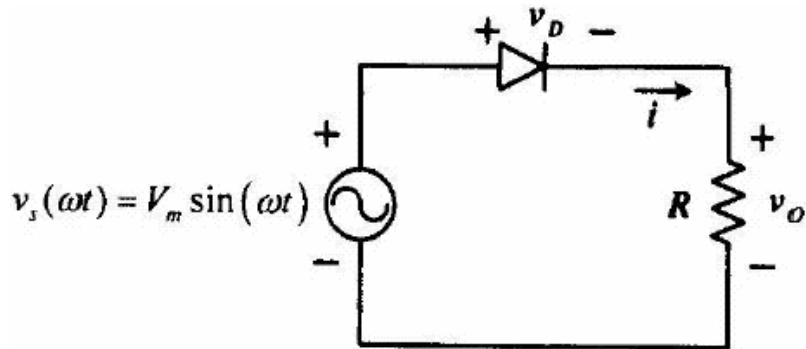
- 1. Aircraft and space power supplies**
- 2. Uninterruptible power supplies**
- 3. Variable-frequency ac motor drives**
- 4. Aircraft variable-speed constant frequency supplies**
- 5. Induction heating supplies**

## 6. Saklar Statis

Karena devais daya dapat dioperasikan sebagai switch atau kontaktor, dengan tegangan sumber dapat berupa tegangan ac atau dc dan switchnya dikenal dengan ac static switches atau dc static switches.

## Penyearah satu fasa setengah gelombang

Sebuah penyearah merupakan rangkaian yang mengkonversi sinyal ac menjadi sinyal satu arah. Penyearah setengah gelombang satu fasa dengan beban resistif seperti gambar dibawah ini, selama setengah siklus positif diode D berkonduksi dan tegangan masukan muncul melalui beban, dan selama siklus negatif diode tertahan dan tegangan keluarannya nol.



$$V_o = V_{avg} = V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi V_m \sin \omega t d$$

$$V_o = \frac{V_m}{\pi} \quad I_o = \frac{V_o}{R}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi [V_m \sin \omega t]^2 d\omega t}$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{2\pi} \quad I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R}$$

### Contoh soal

Seperti rangkaian diatas jika  $V_s = 220V$  dan beban  $R = 10 \text{ ohm}$  hitunglah faktor daya rangkaian diatas!

Jawab

$$V_o = \frac{V_m}{\pi} = \frac{\sqrt{2}V_s}{\pi} = \frac{\sqrt{2} \times 220}{\pi} = 99 \text{ V}$$

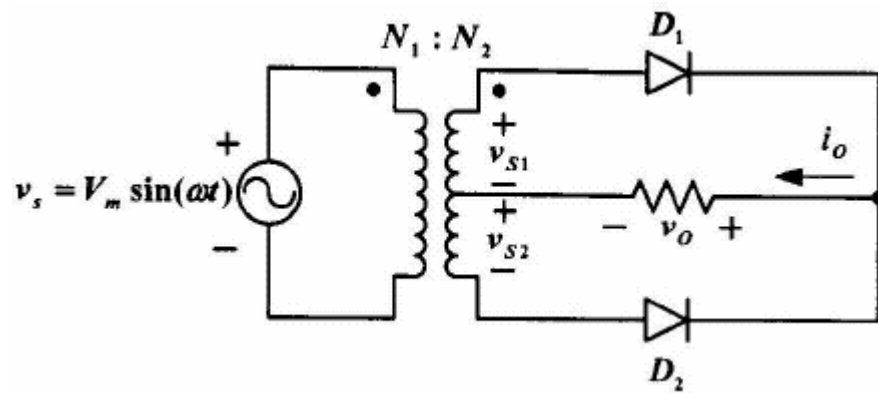
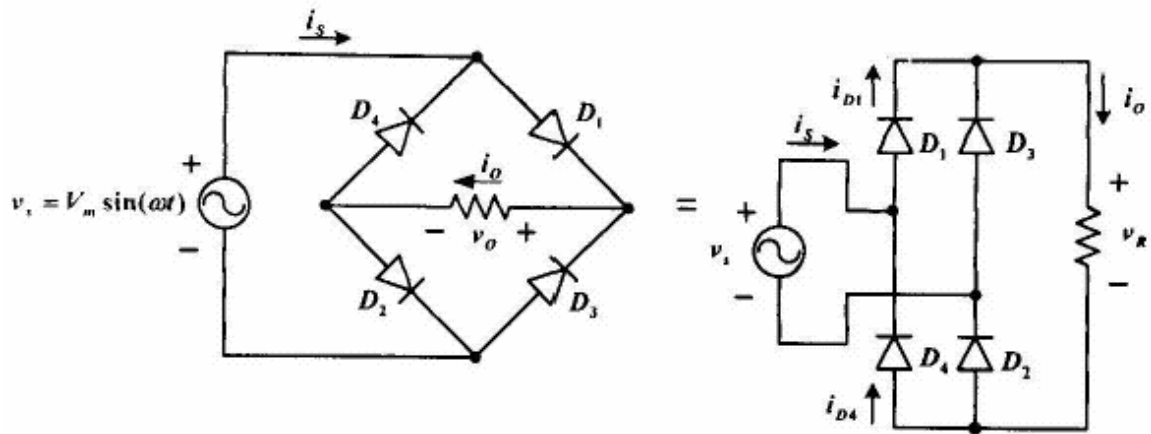
$$\therefore I_o = \frac{V_o}{R} = \frac{99}{10} = 9.9 \text{ A}$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{2} = \frac{\sqrt{2} \times 220}{2} = 155.57 \text{ V}$$

$$P_{Load} = \frac{V_{rms}^2}{R} = \frac{155.57^2}{10} = 2420 \text{ Watt}$$

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{2420}{V_{rms} \times I_{rms}} = \frac{2420}{220 \times 15.57} = 0.707$$

## Penyearah gelombang penuh diode



$$V_O = V_{avg} = V_{dc} = \frac{2}{2\pi} \int_0^{\pi} V_m \sin \omega t \, d\omega t$$

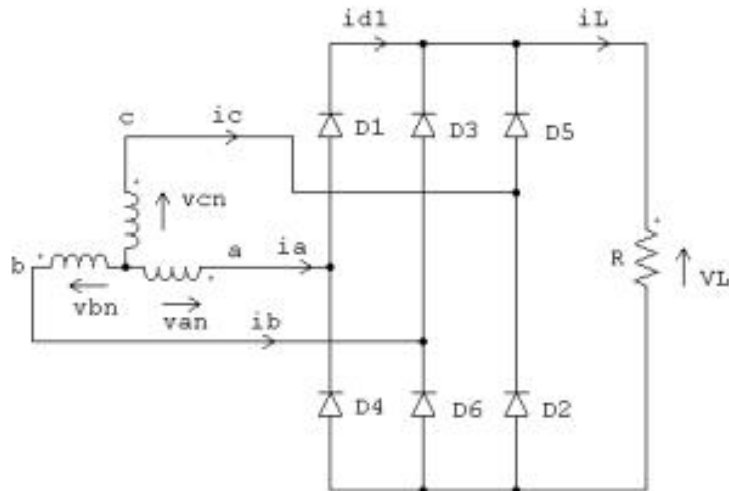
$$V_O = \frac{2V_m}{\pi} \quad I_O = \frac{V_O}{R}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{2}{2\pi} \int_0^{\pi} [V_m \sin \omega t]^2 \, d\omega t}$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = V_s$$

## Penyearah jembatan fasa tiga

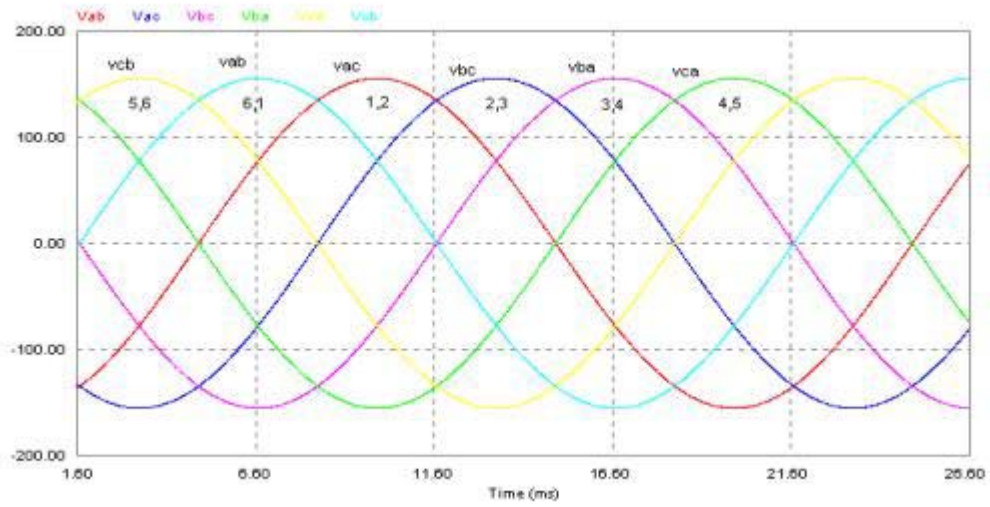
Jembatan penyearah fasa tiga biasa digunakan pada aplikasi dengan menggunakan daya tinggi, dapat dioperasikan dengan atau tanpa trafo dan memberikan enam pulsa ripple pada tegangan keluaran.



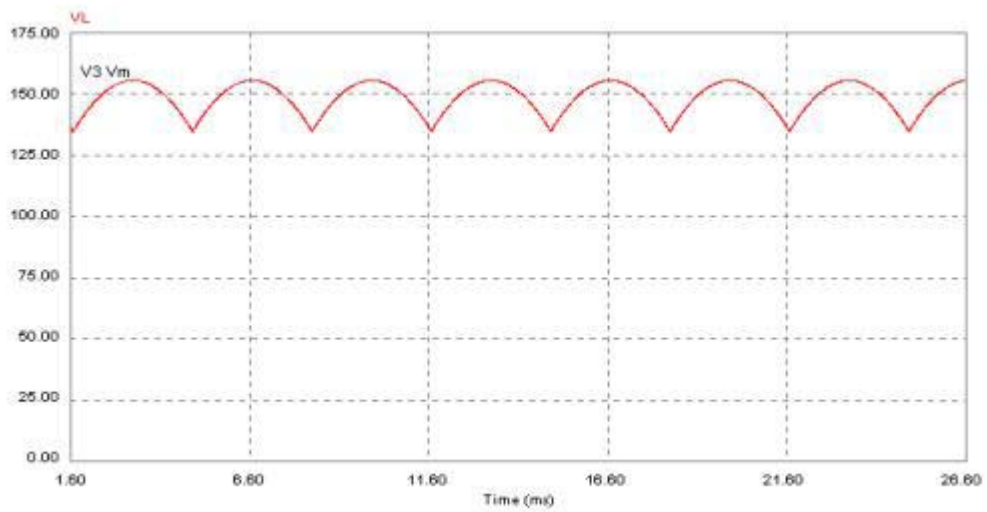
Gambar. Penyearah fasa tiga tipe jembatan.

$$V_{dc} = \frac{2}{2\pi/6} \int_0^{\pi/6} \sqrt{3}V_m \cos \omega t d(\omega t)$$

$$= \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_m = 1,654V_m$$

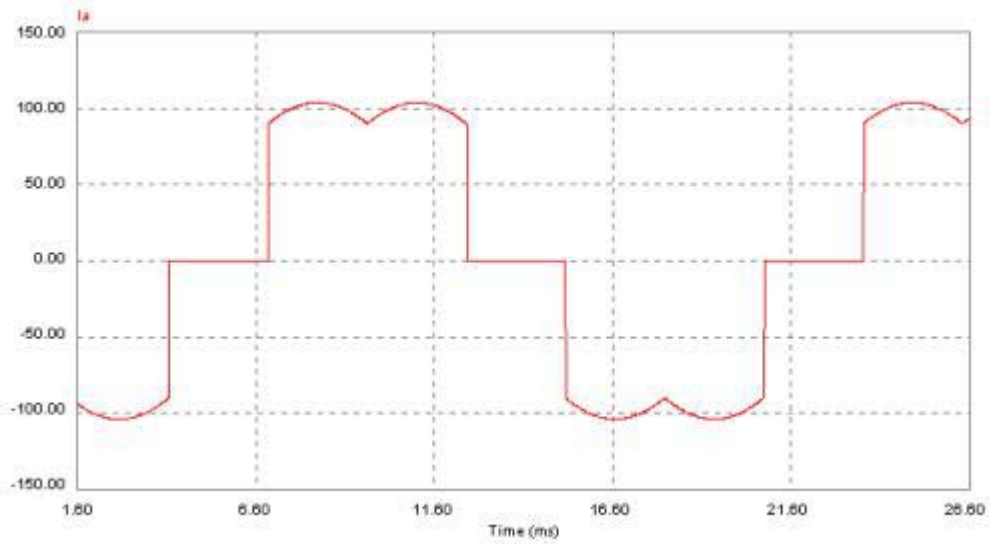


Bentuk gelombang sumber fasa tiga.

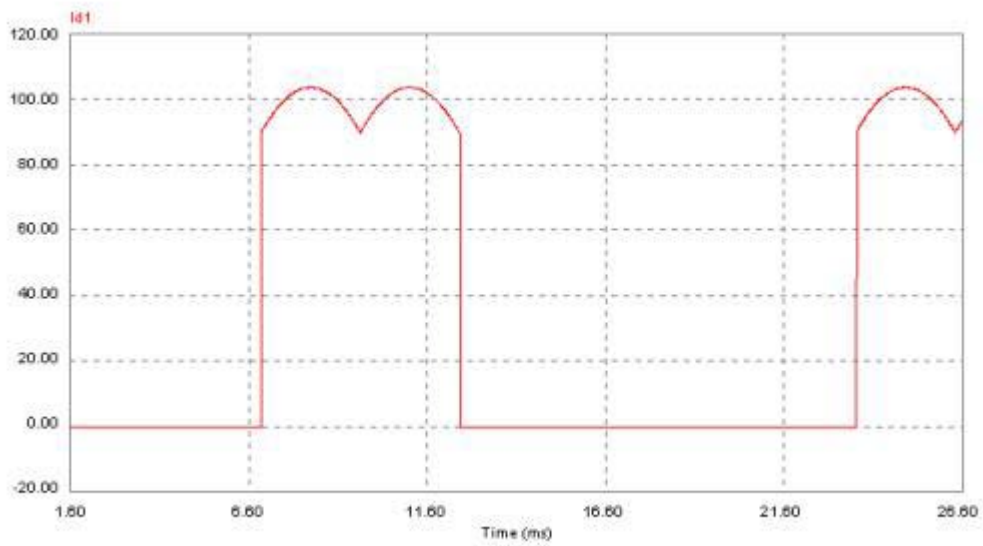


Bentuk gelombang tegangan output.



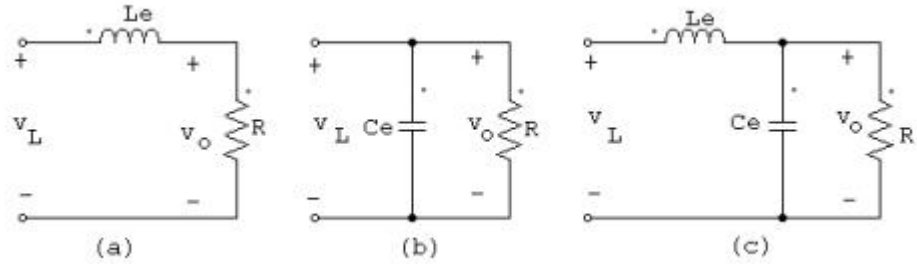


Bentuk gelombang arus fasa a.

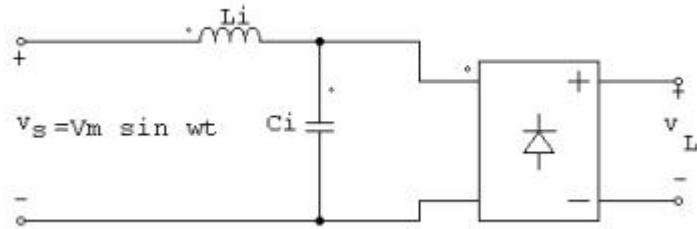


Bentuk gelombang arus yang lewat D1.

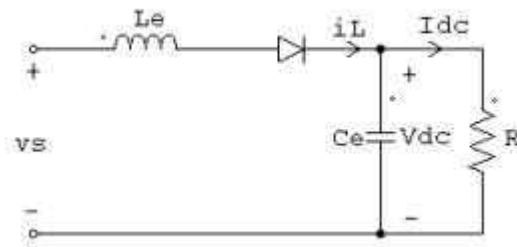
:



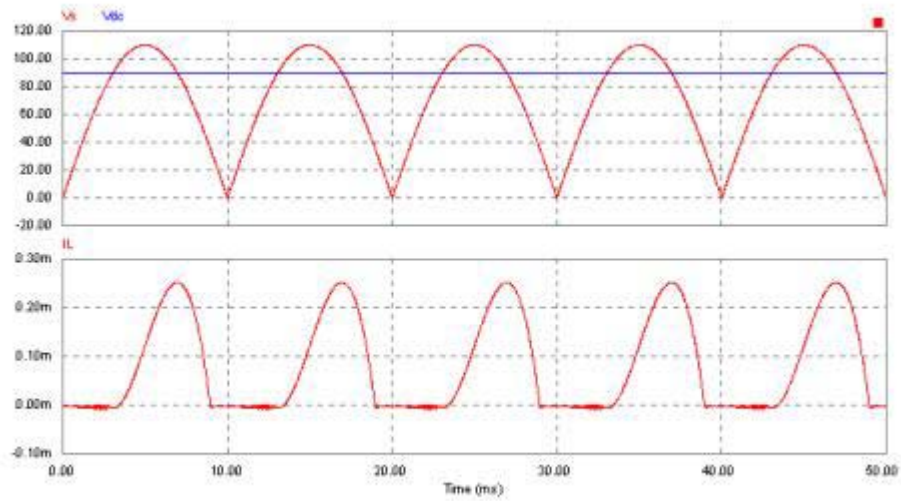
Gambar. Filter dc.



Gambar. Filter ac.



Gambar Rangkaian pengganti tegangan output dengan filter LC.



Gambar 3-37b. Bentuk gelombang tegangan output dengan filter LC