

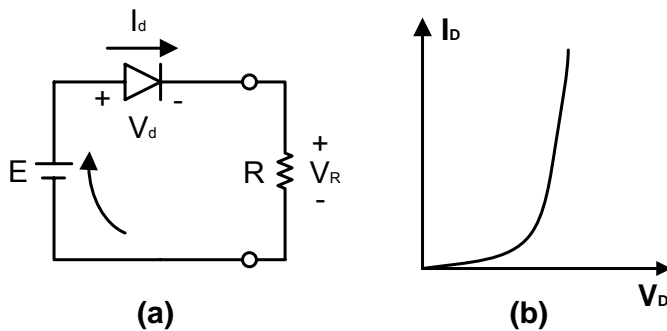
# B a b 2

## Aplikasi Dioda

Setelah mengetahui konstruksi, karakteristik dan model dari dioda semikonduktor, diharapkan mahasiswa dapat memahami pula berbagai konfigurasi dioda dengan menggunakan model dalam aplikasinya dirangkaian elektronik.

### 2.1 Analisis Garis Beban (*Load-Line Analysis*)

Beban yang diberikan pada rangkaian secara normal akan mempunyai implikasi pada daerah kerja (operasi) dan piranti elektronik. Bila analisis disajikan dalam bentuk grafik, sebuah garis dapat digambarkan sebagai karakteristik dioda yang mewakili efek dari beban. Perpotongan antara karakteristik dan garis beban akan menggambarkan titik operasi dari system. Perhatikan gambar 2.1 berikut ini,.



Gambar 2.1 Konfigurasi Seri dari Dioda. (a) Rangkaian Dioda (b) Karakteristik

Menurut Hukum Kirchoff tegangan:

$$E - V_D - V_R = 0$$

$$E = V_D + I_D R \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Variabel  $V_D$  dan  $I_D$  dari persamaan 2.1 adalah semua seperti axis variable dari karakteristik dioda pada gambar 2.1 (b). Perpotongan garis beban dan karakteristik dapat digambarkan dengan menentukan titik pada horizontal axis yang mempunyai  $I_D = 0A$  dan juga menentukan titik vertical axis yang mempunyai  $V_D = 0V$ . Jika kita atur  $V_D = 0V$ , dengan persamaan 2.1 akan kita peroleh nilai magnitude  $I_D$  pada sumbu vertical

$$E = V_D + I_D R$$

$$E = 0V + I_D R$$

$$I_D = \frac{E}{R} \Big|_{V_D=0V} \dots\dots\dots (2.2)$$

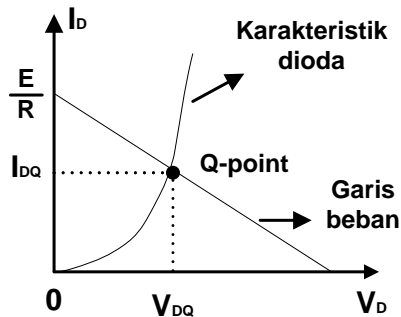
Selanjutnya, kita atur  $I_D = 0A$ , dengan persamaan 2.1 kita dapat memperoleh magnitude  $V_D$  pada sumbu horizontal.

$$E = V_D + I_D R_D$$

$$E = V_D + (0)R_D$$

$$V_D = E \Big|_{I_D=0A} \dots\dots\dots (2.3)$$

Seperti terlihat pada gambar 2.2. garis lurus yang menghubungkan ke dua titik menggambarkan garis beban. Jika nilai R diubah, maka gambar garis beban akan berubah.



Gambar 2.2 Garis Beban dan Titik Operasi

Titik perpotongan antara garis karakteristik dioda dan garis beban disebut dengan “ **Q point** ” (*Quiescent Point*)

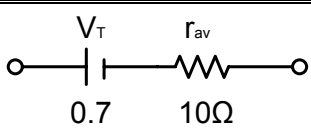
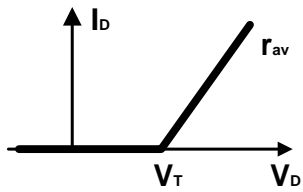
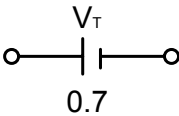
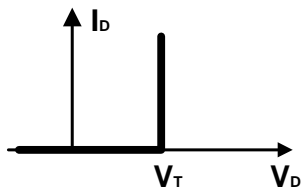

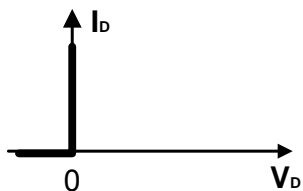
## 2.2 Aproximasi Dioda

Dalam menganalisis rangkaian dioda, dapat digunakan 3 macam model pendekatan (aproximasi), yaitu:

- Piecewise-linear model
- Simplified model
- Ideal model

Untuk dioda Silikon, ketiga model tadi dapat digambarkan sebagai berikut:

Tabel 2.1 Aproximasi untuk Dioda Silikon

Model	Gambar	Karakteristik
Piece-wise linear model		
Simplified model		
Ideal model		

Untuk dioda yang terbuat dari Germanium,  $V_T$  adalah 0.3V.

## 2.3 Konfigurasi Seri dari Dioda dengan Input DC

Ada beberapa prosedur yang harus dilakukan dalam menganalisis dioda, yaitu:

- Tentukan kondisi dioda ON/OFF, dengan cara:
  - Lepaskan dioda dari rangkaian
  - Hitung tegangan pada terminal dioda  $V_D$  yang dilepas tadi dengan KVL

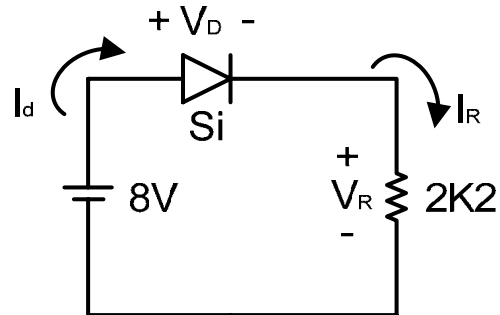
- $V_D > 0.7 \rightarrow$  Dioda silikon ON, dioda germanium  $V_D > 0.3 \rightarrow$  ON  
 $V_D < 0.7 \rightarrow$  Dioda silikon OFF, dioda germanium  $V_D < 0.3 \rightarrow$  OFF

b. Jika dioda ON, ganti dengan model pendekatan yang digunakan

c. Analisis rangkaian tersebut

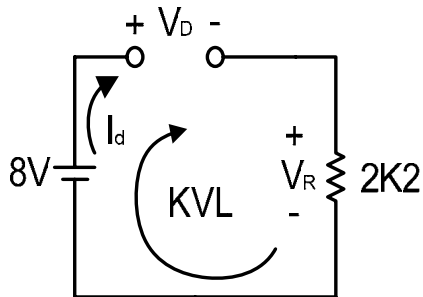
contoh

Tentukan  $V_D$ ,  $V_R$  dan  $I_D$  dari rangkaian dioda berikut



Jawab

- Langkah 1



Dengan KVL:

$$E - V_D - V_R = 0$$

$$V_D = E - V_R$$

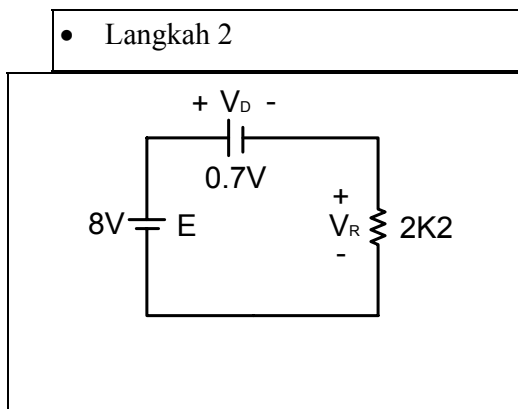
$$= (8V) - I_R R$$

$$= (8V) - (0)R$$

$$V_D = 8V$$

$V_D > 0.7V$  dioda ON

- Langkah 2



- Langkah 3

$$V_D = 0.7V$$

$$V_R = E - V_D$$

$$= 8 - 0.7 = 7.3V$$

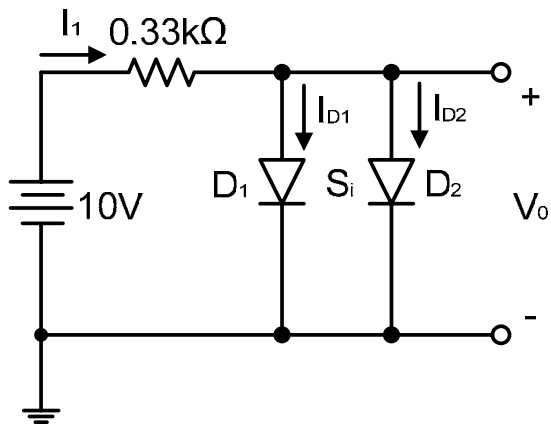
$$I_D = I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{7.3V}{2K2} = 3.32mA$$

## 2.4 Konfigurasi Paralel dan Seri-Paralel dari Dioda

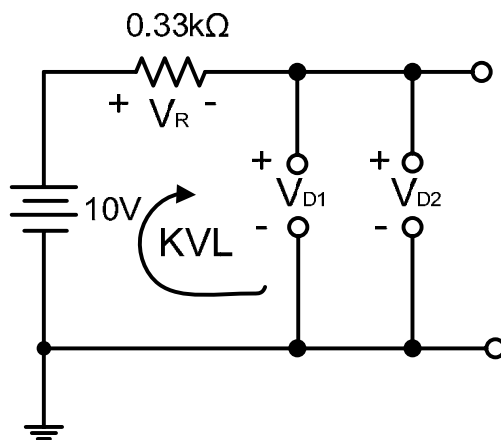
Prosedur pada bagian 2.4 dapat digunakan dalam menganalisis rangkaian dioda paralel dan seri-paralel

Contoh :

Hitunglah  $V_o$ ,  $I_1$ ,  $I_{D1}$ , dan  $I_{D2}$  dari rangkaian dioda berikut:



Jawab



$$E - V_R - V_{D1} = 0$$

$$V_{D1} = V_{D2} = E = 10V$$

$$V_{D1} = V_{D2} > 0.7V \rightarrow D1 \text{ \& D2 ON}$$

$$E - V_R - V_{D1} = 0$$

$$E - (I_1 R) - V_{D1} = 0$$

$$I_1 R = E - V_{D1}$$

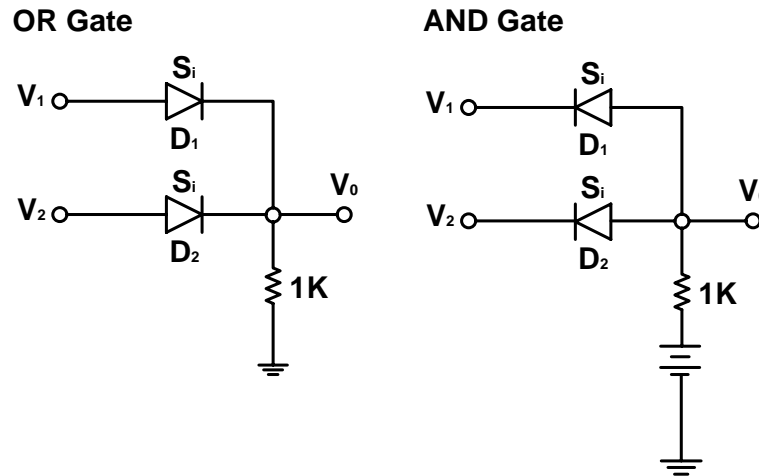
$$I_1 = \frac{E - V_{D1}}{R} = \frac{10 - 0.7}{0.33K} = 28.18mA$$

$$I_{D1} = I_{D2} = \frac{I_1}{2} = \frac{28.18mA}{2} = 14.09mA$$

$$V_o = V_{D2} = 0.7V$$

### 2.5 AND/OR Gate

Aplikasi dioda yang lain adalah dapat digunakan sebagai rangkaian logika AND dan OR. Berikut adalah rangkaian gerbang logika AND dan OR yang menggunakan dioda silikon.

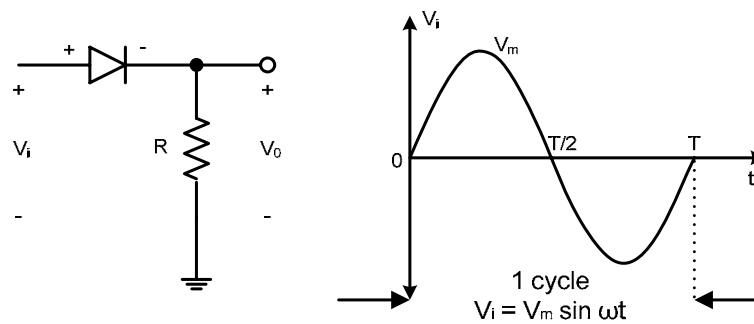


Gambar 2.3 Gerbang Logika OR dan AND Dengan Menggunakan Dioda

### 2.6 Input Sinusoidal : Penyearah Setengah Gelombang

Pada bagian ini akan kita kembangkan metode analisis dari dioda yang telah dipelajari sebelumnya. Untuk menganalisis rangkaian dioda dengan input yang berubah terhadap waktu seperti gelombang sinusoidal dan gelombang kotak.

Rangkaian sederhana di bawah ini akan kita gunakan untuk mempelajari cara menganalisisnya. Metode dioda ideal akan digunakan dalam analisis selanjutnya.

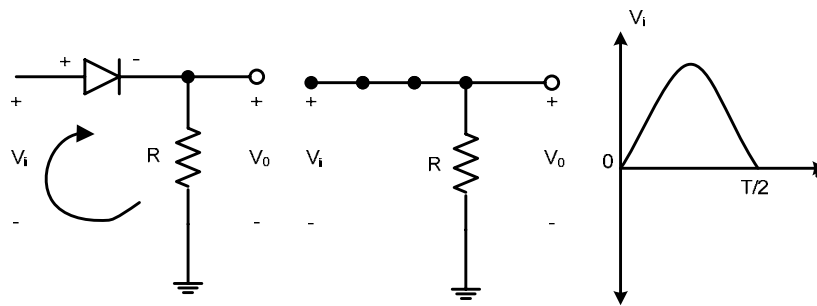


Gambar 2.4 Penyearah 1/2 Gelombang

## Aplikasi Dioda

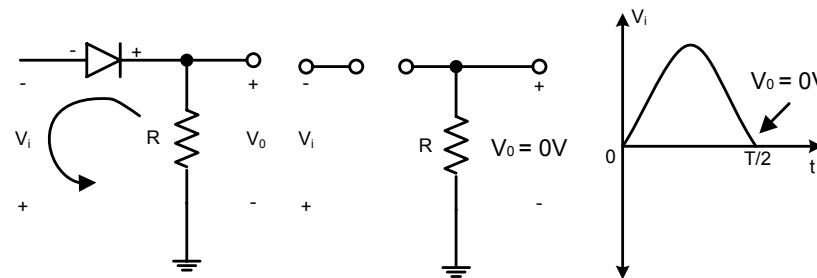
Rangkaian diatas akan menghasilkan output  $V_0$  yang akan digunakan dalam konversi dari ac ke dc yang banyak digunakan dalam rangkaian-rangkaian elektronika.

Selama interval  $t = 0 \rightarrow \frac{T}{2}$  mengakibatkan dioda ON, dioda selanjutnya dapat diganti dengan rangkaian ekivalen model idealnya, sehingga outputnya bias diperoleh proses di atas dapat digambarkan seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2.5 Daerah Dioda Konduksi ( $0 - T/2$ )

Selanjutnya, selama perioda  $\frac{T}{2} \rightarrow T$  polaritas dari input  $V_i$  berubah mengakibatkan dioda tidak bekerja (OFF), berikut penggambaran prosesnya.

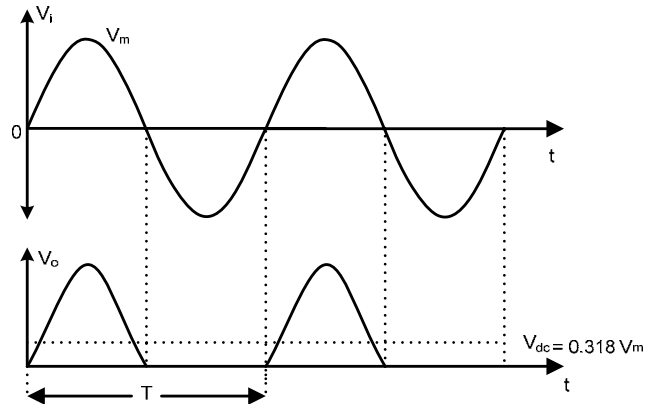


Gambar 2.6 Daerah Dioda Non Konduksi ( $T/2 - T$ )

Sinyal output  $V_0$  mempunyai nilai rata-rata selama satu siklus penuh dan dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$V_{dc} = 0.318V_m \dots\dots\dots (2.4)$$

Berikut adalah gambar input dan output rangkaian penyearah  $\frac{1}{2}$  gelombang



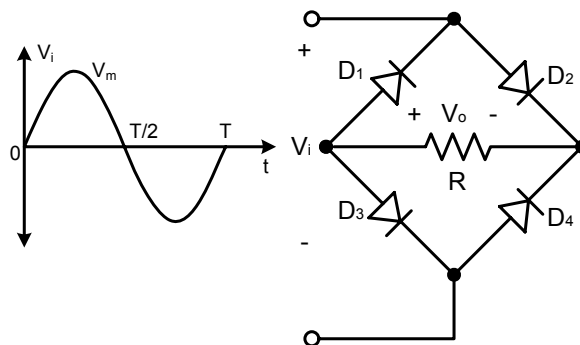
Gambar 2.7 Sinyal Input dan Output Rangkaian Penyearah  $\frac{1}{2}$  Gelombang

Selain menggunakan model ideal kita juga dapat menggunakan kedua model lain.

## 2.7 Penyearah Gelombang Penuh

### 2.7.1 Konfigurasi Bridge

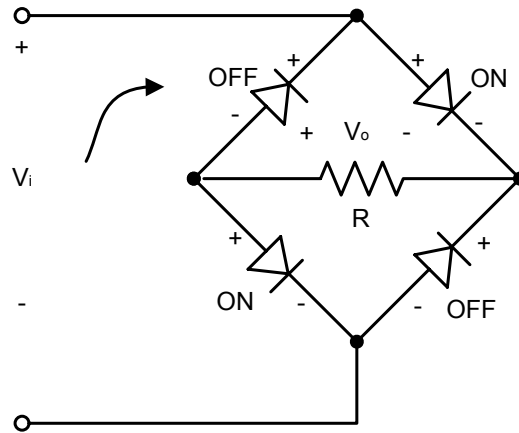
Untuk meningkatkan dc level yang diperoleh dari input sinusoidal sebanyak 100% kita dapat menggunakan rangkaian penyearah gelombang penuh. Konfigurasi yang sangat terkenal adalah konfigurasi **Bridge** atau jembatan, dengan menggunakan 4 buah dioda dengan penyearah seperti pada gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.8 Penyearah Gelombang Penuh

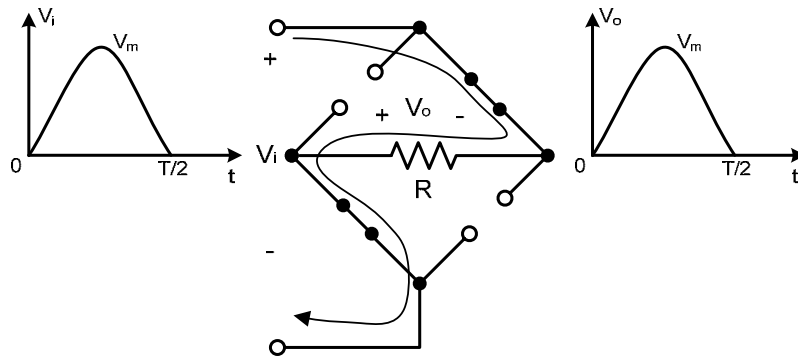
Selama periode  $t = 0 \rightarrow T/2$  polaritas polaritas input digambarkan seperti pada gambar 2.9





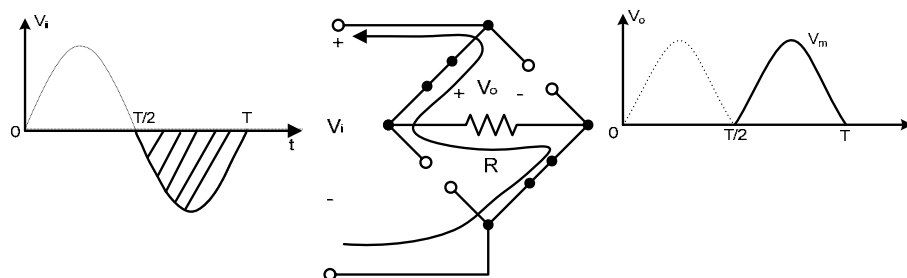
Gambar 2.9 Rangkaian Full Wave Bridge untuk  $t = 0 \rightarrow T/2$

Dari gambar 2.9 terlihat bahwa  $D_2$  dan  $D_3$  terkonduksi (ON) sementara  $D_1$  dan  $D_4$  OFF. Dengan mengganti dioda dengan model ideal diperoleh gambar berikut.



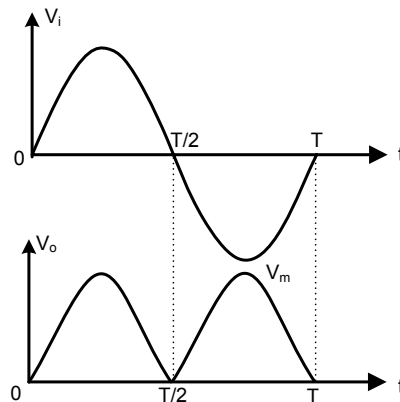
Gambar 2.10 Aliran Arus Pada Fase Positif dari  $V_i$

Untuk perioda input  $t = T/2 \rightarrow T$ ,  $D_2$  dan  $D_3$  OFF sementara  $D_1$  dan  $D_4$  ON. Berikut gambar polaritas input, arah arus serta rangkaian ekivalen rangkaian dioda



Gambar 2.11 Aliran Arus Pada Fase Negative dari  $V_i$

Secara keseluruhan input dan output rangkaian ini adalah



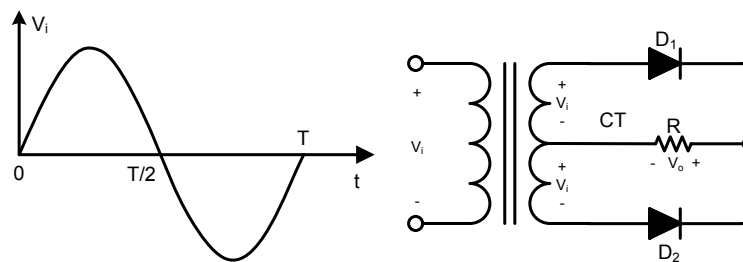
Gambar 2.12 Sinyal Input dan Output Rangkaian Dioda Bridge

Nilai rata-rata dc dapat diperoleh dengan persamaan berikut

$$V_{dc} = 0.636V_m \dots\dots\dots(2.5)$$

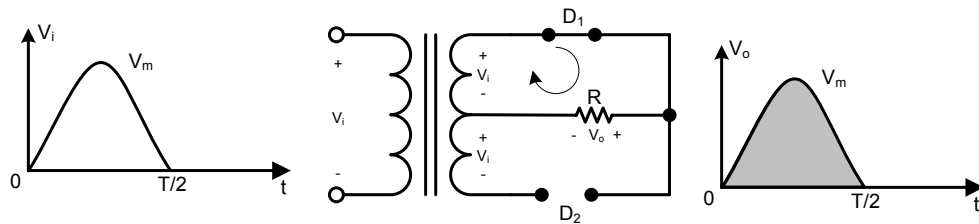
**2.7.2 Center Tapped Transformer**

Bentuk kedua yang populer dari penyearah gelombang penuh adalah dengan menggunakan 2 buah dioda dan center tapped (CT) transformer konfigurasi dapat dilihat pada gambar berikut.



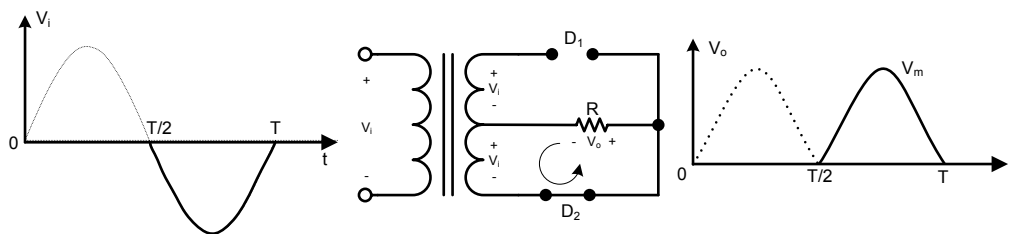
Gambar 2.13 Gelombang Penuh Dengan Trafo CT

Selama perioda  $t = 0 \rightarrow T/2$  ,  $D_1$  akan menjadi ON sedang  $D_2$  OFF, seperti gambar berikut.



Gambar 2.14 Kondisi Rangkaian Pada Periode Input 0 – T/2

Sebaliknya, selama periode input T/2 – T kondisi rangkaian adalah seperti gambar berikut



Gambar 2.15 Kondisi Rangkaian Untuk Periode Input T/2 – T

## 2.8 CLIPPER

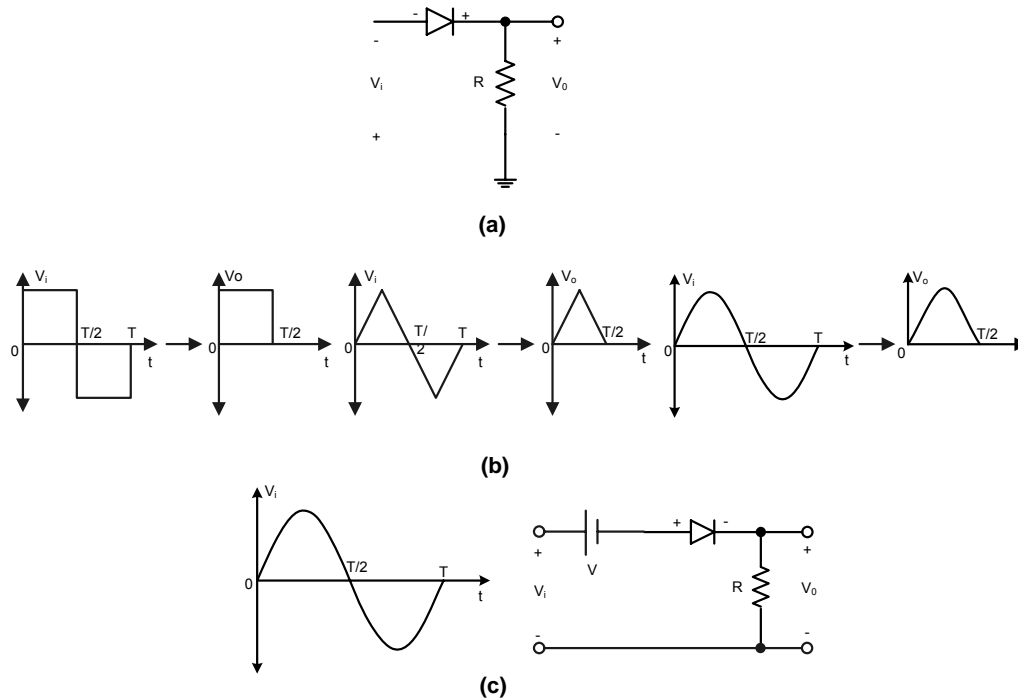
Clipper merupakan rangkaian dioda yang memiliki kemampuan memotong sebagian sinyal input tanpa menimbulkan efek pada bagian lain dari sinyal.

Terdapat dua kategori clipper:

1. Clipper seri → Dioda seri dengan beban
2. Clipper parallel → dioda parallel dengan beban

### 2.8.1 Clipper Seri

Rangkaian dasar dari clipper seri adalah mirip dengan rangkaian penyearah ½ gelombang. Namun demikian rangkaian clipper seri dapat dibuat dalam berbagai variasi. Salah satu contohnya dapat dilihat pada gambar berikut.



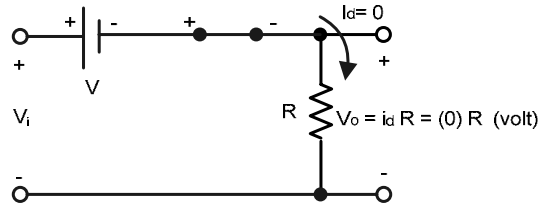
Gambar 2.16 Clipper Seri dan Input/Output (a) Rangkaian Dasar Clipper (b) Variasi Input dan Output (C) Variasi Clipper Seri

Berikut adalah prosedur dalam menganalisa rangkaian clipper:

1. Tentukan apakah dioda ON/OFF dengan melihat rangkaian.
2. Tentukan nilai tegangan yang mengakibatkan kondisi dioda berubah OFF → ON atau sebaliknya
3. Perhatikan polaritas  $V_i$  dan  $V_o$ , tentukan persamaan  $V_o$
4. Hitung dan gambarkan nilai  $V_o$  berdasar nilai sesaat dari  $V_i$

Sebagai contoh, perhatikan gambar 2.16 (c) dan ikuti prosedur di atas.

1. Dioda ON pada saat  $V_i$  berada pada polaritas positif. Tegangan dc ( $V$ ) harus lebih kecil dari  $V_i$  agar dioda ON.
2. Untuk dioda yang ideal perubahan kondisi ideal terjadi pada  $V_d = 0$  V dan  $i_d = 0$  A (ingat karakteristik dioda ideal). Dengan menerapkan kondisi nilai  $V_i$  yang mengakibatkan transisi kondisi dioda.

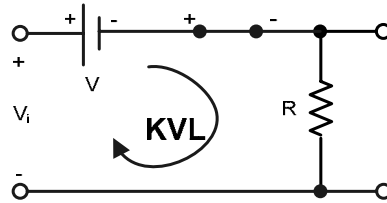


Gambar 2.17 Menetapkan Kondisi Transisi dari Rangkaian

$$\begin{aligned}
 V_i - V - V_d - V_o &= 0 \\
 V_i - V - 0 - i_d R &= 0 \\
 V_i - V - 0 - (0)R &= 0 \\
 V_i = V & \dots\dots\dots(2.6)
 \end{aligned}$$

Artinya dioda berubah dari OFF  $\rightarrow$  ON atau ON  $\rightarrow$  OFF pada saat  $V_i = V$

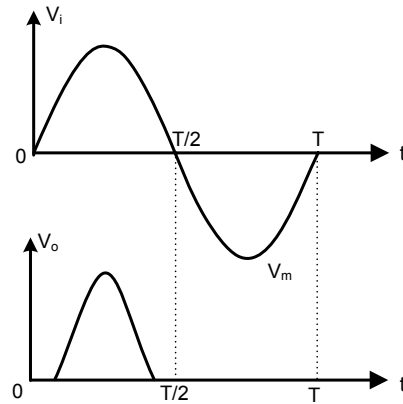
3. Pada saat dioda dalam kondisi ON,  $V_o$  dapat dihitung dengan KVL



Gambar 2.18 Menentukan  $V_o$

$$\begin{aligned}
 V_i - V - V_o &= 0 \\
 V_o = V_i - V & \dots\dots\dots(2.7)
 \end{aligned}$$

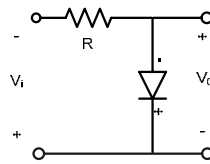
4. Hitung dan gambarkan  $V_o$  dengan mengambil nilai sesaat dari  $V_i$



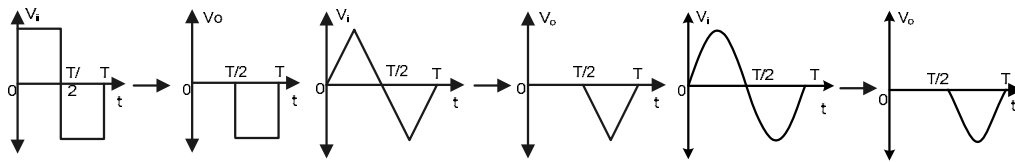
Gambar 2.19 Sinyal  $V_i$  dan  $V_o$

### 2.8.2 Clipper Paralel

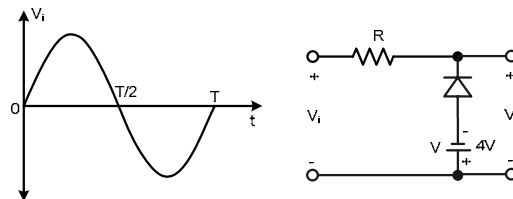
Berikut rangkaian dasar clipper paralel, variasi input/output dan variasi konfigurasi yang lain



(a) Rangkaian Dasar Clipper Paralel



(b) Variasi Input/output



(c) Variasi Clipper Paralel

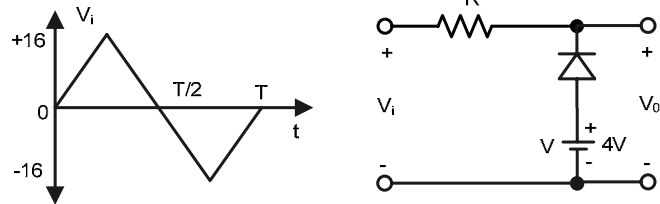
Gambar 2.20 Rangkaian Clipper Paralel dan Variasi Input/Outputnya

## Aplikasi Dioda

Cara menganalisa clipper parallel adalah sama dengan cara analisis clipper seri

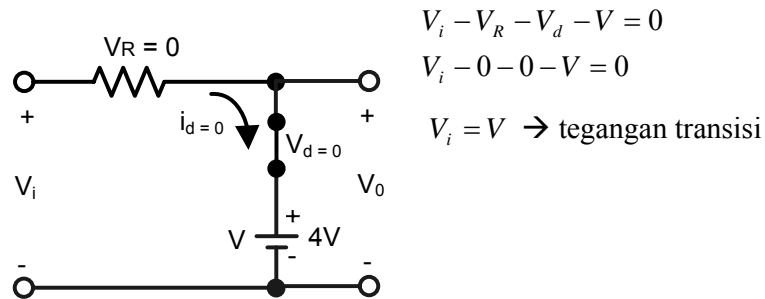
Contoh:

Tentukan  $V_o$  dari rangkaian berikut



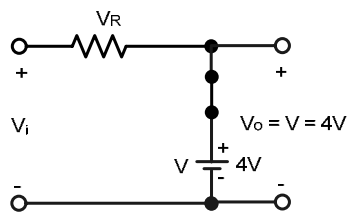
Jawab:

- Dioda ON pada fase negative dari input
- Cari tegangan transisi

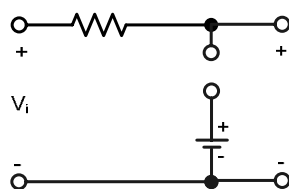


Ketika  $V_i < V$  Dioda ON,  $V_i > V$  Dioda OFF

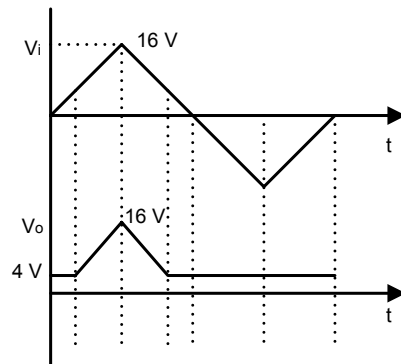
- Tentukan  $V_o$  pada dioda ON



- Tentukan  $V_o$  pada dioda OFF



- Gambarkan outputnya



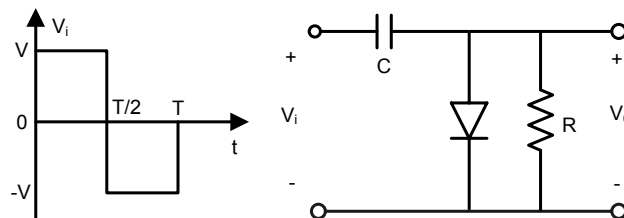
Berikut berbagai variasi rangkaian clipper

Gambar 2.21 (gbr 291 hal 84)

## 2.9 CLAMPER

Rangkaian clamper adalah rangkaian yang akan melempar (clamp) sinyal ke level dc yang berbeda. Clamper tersusun atas kapasitor, dioda dan komponen resistif. Sumber dc juga dapat ditambahkan untuk memperoleh pergeseran tegangan tambahan. Nilai R dan C harus dipilih sedemikian rupa agar konstanta waktu  $\tau = RC$  cukup besar. Hal ini berguna agar kapasitor tidak membuang tegangan (discharge) pada saat dioda mengalami perioda non konduksi (OFF).

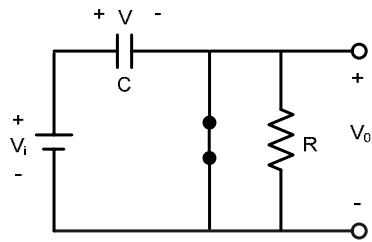
Dalam analisis, kapasitor kita anggap mengisi dan membuang semua dalam 5 kali konstanta waktu. Rangkaian clamper sederhana dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 2.22 Rangkaian Clamper

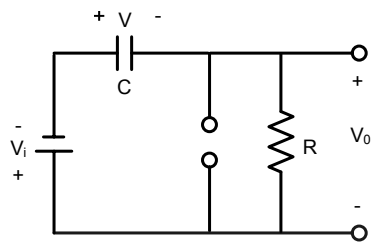


Selama interval  $0 - T/2$  rangkaian dapat digambarkan seperti berikut.



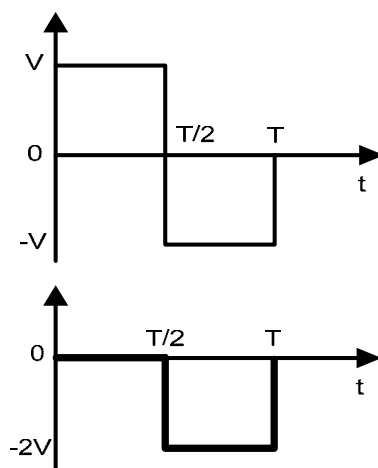
Gambar 2.23 Dioda ON dan Kapasitor Mengisi Sampai V Volt

Pada interval ini, kapasitor akan mengisi dengan cepat sampai  $V =$  tegangan input, sedang  $V_o = 0$  V. Ketika polaritas input berbalik, rangkaian dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.24 Menetapkan Output Pada Saat Dioda OFF

Jika digambarkan, secara keseluruhan input dan output dari rangkaian adalah sebagai berikut.



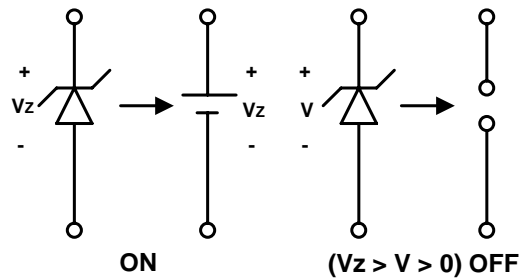
Gambar 2.25 Input/Output dari Contoh Rangkaian Clamper

Berbagai variasi dari rangkaian clamper dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 2.26 Rangkaian Clamper dengan Dioda Ideal

### 2.10 Dioda Zener

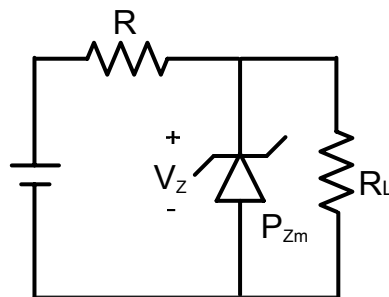
Dalam menganalisis zener, kita dapat menggunakan cara menganalisis dioda pada bagian sebelumnya. Ketika zener diindikasikan ON, rangkaian penggantinya adalah sumber tegangan  $V_z$ , sedangkan jika zener OFF rangkaian penggantinya adalah saklar terbuka



Gambar 2.27 Rangkaian pengganti Dioda Zener

#### 2.10.1 $V_i$ dan $R$ tetap

Rangkaian dioda zener yang paling sederhana dapat dilihat pada gambar berikut ini:

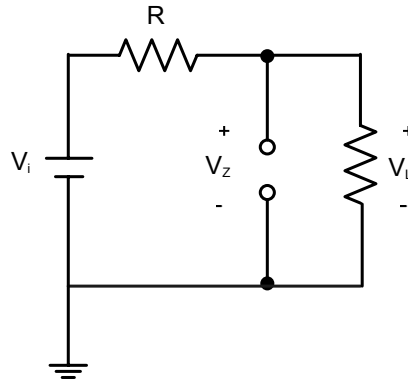


Gambar 2.28 Rangkaian Dasar Regulator dengan Zener

Analisa rangkaian zener dapat dilakukan dengan langkah berikut:

- a. Tentukan kondisi zener dengan melepasnya dari rangkaian dan menghitung tegangan pada untai terhubung.

Dengan menerapkan langkah 1 pada gambar 2.27 diatas, akan kita peroleh rangkaian berikut

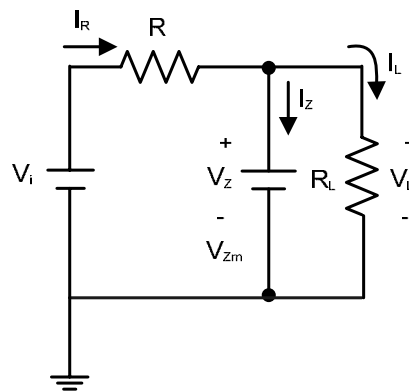


Tegangan V dapat dihitung dengan menerapkan aturan pembagi tegangan

$$V = V_L = \frac{R_L V_i}{R + R_L} \dots\dots\dots 2.8$$

Jika  $V \geq V_Z$  , zener  $\rightarrow$  ON. Zener dapat diganti dengan rangkaian penggantinya. Sebaliknya jika  $V \leq V_Z$  maka zener  $\rightarrow$  OFF dapat digantikan dengan saklar terbuka

- b. Ganti Zener dengan rangkaian ekivalennya



Gambar 2.29 Rangkaian Ekivalen Zener ON

Dari gambar zener ON, arus yang mengalir pada zener dapat ditentukan dengan KCL

$$I_R = I_Z + I_L$$

$$I_Z = I_R - I_L \dots\dots\dots 2.9$$

Dimana,

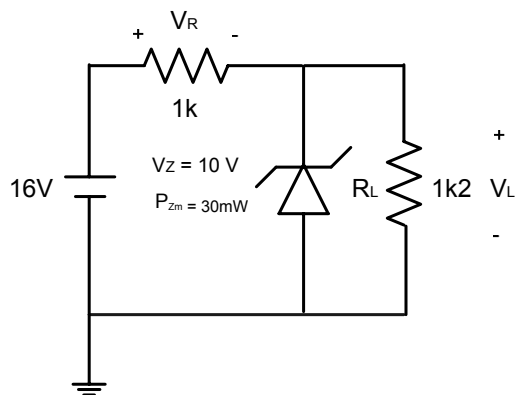
$$I_L = \frac{V_L}{R_L} \text{ dan } I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{V_i - V_L}{R}$$

Daya yang diserap zener:

$$P_Z = V_Z I_Z \dots\dots\dots 2.10$$

Dioda zener umumnya digunakan dalam rangkaian regulator tegangan

Contoh 2...



- Tentukan  $V_L$ ,  $V_R$ ,  $I_Z$ , dan  $P_Z$
- Ulangi soal (a) dengan  $R_L = 3k\Omega$

Jawab

a) Terapkan prosedur sebelumnya

- Lepaskan zener dari rangkaian

$$V = V_L = \frac{R_L V_i}{R + R_L} = \frac{1.2k(16V)}{1k + 1.2k} = 8.73V$$

$V < V_Z \rightarrow$  Zener OFF

- Ganti zener dengan saklar terbuka

$$V_R = V_i - V_L = 16 - 8.73V = 7.27V$$

$$I_Z = 0A$$

$$P_Z = V_Z I_Z = 0W$$

- b) Lepaskan zener dari rangkaian

$$V = V_L = \frac{R_L V_i}{R + R_L} = 12V$$

$$V \geq V_Z \rightarrow \text{Zener ON}$$

- Ganti zener dengan rangkaian ekivalen untuk zener ON

$$V_L = V_Z = 10V$$

$$V_R = V_i - V_L = 16V - 10V = 6V$$

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{10V}{3k\Omega} = 3.33mA$$

$$I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{6V}{1k\Omega} = 6mA$$

$$\begin{aligned} I_Z &= I_R - I_L \\ &= 6mA - 3.33mA \\ &= 2.67mA \end{aligned}$$

- Daya yang diserap zener

$$P_Z = V_Z I_Z = (10)(2.67mA) = 26.7mW$$

### 2.10.2 Vi Tetap dan RL Variabel

ON/OFF-nya zener tergantung pada interval nilai  $R_L$ .  $R_L$  yang terlalu kecil akan mengakibatkan zener OFF. Nilai minimum  $R_L$  dapat ditentukan sebagai berikut:

$$V_L = V_Z = \frac{R_L V_i}{R_L + R}$$

$$R_{L\min} = \frac{R V_Z}{V_i - V_Z} \dots\dots\dots 2.11$$

Jika  $R_L$  yang dipilih  $> R_{L\min}$ , maka zener ON. Selanjutnya ganti dengan rangkaian ekivalen zener ON.

$R_{L\min}$  akan menimbulkan  $I_{L\max}$

$$I_{L\max} = \frac{V_L}{R_L} = \frac{V_Z}{R_{L\min}} \dots\dots\dots 2.12$$

Tegangan pada R

$$V_R = V_i - V_Z \dots\dots\dots 2.13$$

$$I_R = \frac{V_R}{R} \dots\dots\dots 2.14$$

$$I_Z = I_R - I_L \dots\dots\dots 2.15$$

$I_{Z\min}$  dicapai pada  $I_{L\max}$  dan sebaliknya

$$I_{L\min} = I_R - I_{Z\max} \dots\dots\dots 2.16$$

$$R_{L\max} = \frac{V_Z}{I_{L\min}} \dots\dots\dots 2.17$$

### 2.10.3 $R_L$ Tetap dan $V_i$ Variabel

Untuk nilai  $R_L$  yang tetap, tegangan  $V_i$  harus cukup besar untuk dapat mengakibatkan zener ON.

Tegangan  $V_i$  minimum ditentukan oleh:

$$V_L = V_Z = \frac{R_L V_i}{R_L + R}$$

$$V_{L\min} = \frac{(R_L + R)V_Z}{R_L} \dots\dots\dots 2.18$$

$$I_{R\max} = I_{Z\max} - I_L \dots\dots\dots 2.19$$

$$V_{i\max} = V_{R\max} + V_Z$$

$$V_{i\max} = I_{R\max} R + V_Z \dots\dots\dots 2.20$$

## 2.11 Rangkaian Pengali Tegangan

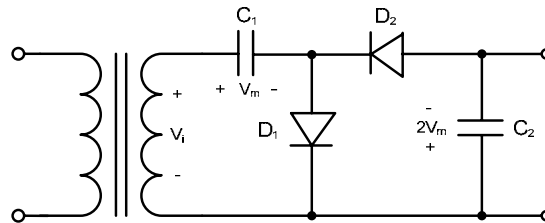
Rangkaian ini digunakan untuk menaikkan tegangan puncak dari trafo hingga 2x, 3x, atau lebih kecil.

### 2.11.1 Pengali Tegangan

Rangkaian yang ditunjukkan oleh gambar 2.30 di bawah adalah rangkaian half wave voltage doubler. Selama tegangan positif pada separuh siklus dari tegangan yang melalui transformer, dioda  $D_1$  terkonduksi ( $D_2$  OFF) dan mengisi kapasitor  $C_1$

sampai pada puncak tegangan ( $V_m$ ) dengan polaritas seperti yang ditunjukkan dalam gambar.

Selama siklus negative dari input  $D_1$  menjadi OFF sementara  $D_2$  terkonduksi (ON) dan mengisi kapasitor  $C_2$ .



Gambar 2.30 *Half Wave Voltage Doubler*

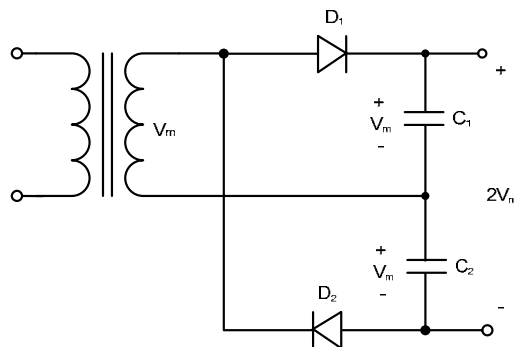
Tegangan pada output:

$$-V_{C2} + V_{C1} + V_m = 0$$

$$-V_{C2} + V_m + V_m = 0$$

$$V_{C2} = 2V_m$$

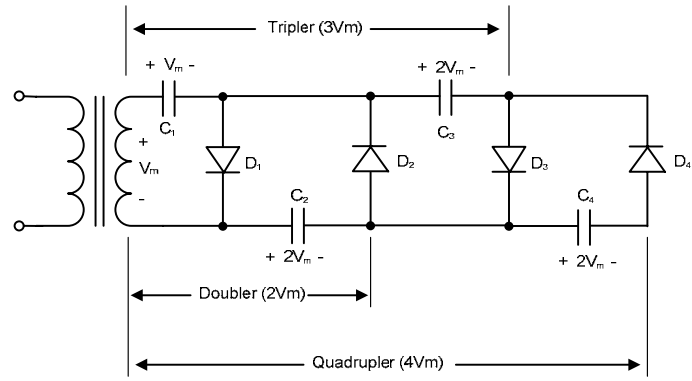
Model rangkaian yang lain dapat dilihat pada gambar 2.31 berikut.



Gambar 2.31 Rangkaian Half Wave Voltage Doubler Alternatif

### 2.11.2 Voltage Tripler dan Quadrupler

Gambar 2.32 memperlihatkan half-wave voltage doubler yang dimodifikasi agar dapat mengeluarkan output sebesar 3 dan 4x dari tegangan input.



Gambar 2.32 Voltage Tripler dan Quadrupler