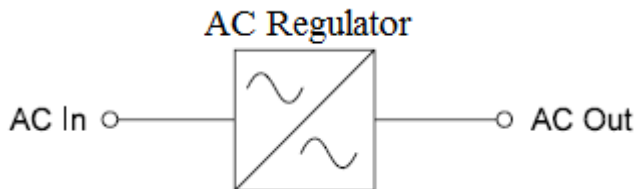


## BAB 6

# AC REGULATOR DAN APLIKASINYA

### 6.1 Pengantar

AC Regulator merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengubah sumber listrik AC menjadi listrik AC dengan tegangan dan frekuensi yang berbeda. Perubahan listrik AC menjadi AC dengan tegangan dan frekuensi yang berbeda digunakan untuk mengatur aplikasi peralatan listrik. Contoh aplikasi dari rangkaian ini yaitu Automatic Voltage Regulator (AVR) di generator, rangkaian peredup lampu (dimmer), stabiliser tegangan pada peralatan elektronik, dan Variabel Speed Drive (VSD) pada peralatan kontrol kecepatan motor di industri.



Gambar 6.1. Prinsip kerja rangkaian AC Regulator

Komponen yang digunakan pada rangkaian AC Regulator adalah SCR atau Triac. Prinsip kerja rangkaian AC regulator yaitu dengan mengatur bentuk gelombang tegangan melalui penyuluan SCR atau Triac sehingga didapatkan nilai tegangan yang diinginkan.

## **6.2 AC Regulator Satu Fasa**

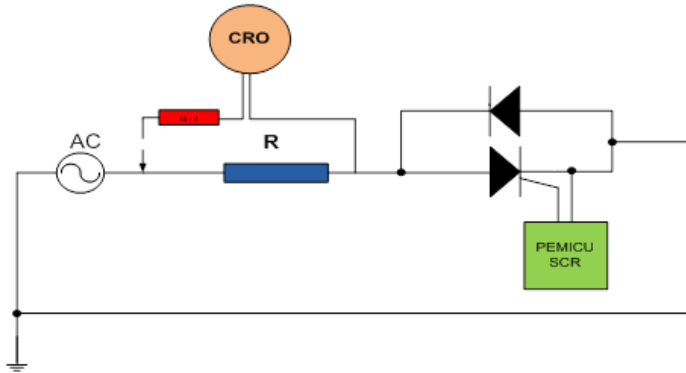
Rangkaian AC Regulator Satu Fasa banyak digunakan pada aplikasi di rumah maupun di industri seperti dijelaskan di atas. Salah satu aplikasi AC regulator adalah peredup lampu (dimmer) dan penyetabil tegangan yang dikenal dengan nama stabiliser. Prinsip kerja dari rangkaian ini adalah dengan mengubah nilai tegangan listrik AC melalui komponen SCR, Dioda atau Triac. Pengaturan tegangan output dilakukan dengan mengatur sudut penyulutan.

Pada aplikasi di lapangan terdapat dua jenis rangkaian AC reguator yaitu Unidirectional dan Bidirectional.

### **6.2.1. AC Regulator Satu Fasa Unidirectional**

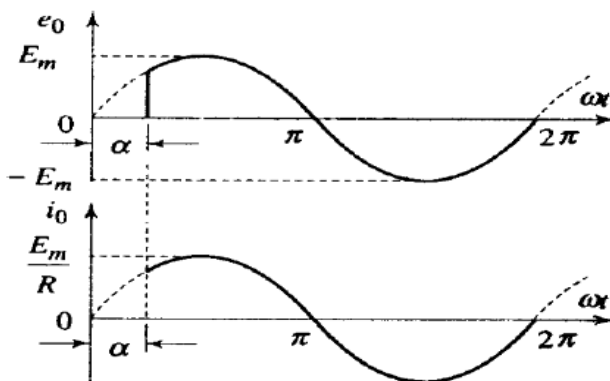
Rangkaian AC regulator satu fasa unidirectional terdiri atassatu komponen SCR dan satu dioda yang dipasang anti paralel. Hal ini dimaksudkan agar kedua komponen ini dapat bergantian ON pada saat diberi panjar maju maupun panjar mundur. Pada saat polaritas listrik input positif, maka yang aktif adalah SCR, demikian sebaliknya pada saat polaritas listrik sumber negatif, maka yang ON adalah Dioda sedangkan SCR OFF. Dengan demikian rangkaian ini dapat dialiri oleh dua arah baik panjar maju maupun panjar mundur. Disebut Unidirectional karena hanya satu saja yang dapat diatur yaitu komponen SCR. Dengan mengatur sudut penyulutannya, maka tegangan output dapat diatur besar kecilnya. Semakin kecil sudut penyulutan, maka tegangan output semakin besar, demikian sebaliknya semakin besar sudut penyulutan maka tegangan output

akan semakin kecil. Berikut ini adalah gambar rangkaian AC Regulator satu fasa unidirectional dengan beban Resistif.



Gambar 6.2. Rangkaian AC Regulator 1 Fasa Unidirectional

Bentuk gelombang tegangan output rangkaian ini dapat dilihat pada gambar 6.2. Tegangan output yang dapat dikontrol hanya pada setengah siklus saja dengan sudut penyulutan SCR, sedangkan pada setengah siklus kedua akan tetap sama dengan gelombang inputnya. Dengan melakukan pengaturan pada setengah siklus maka didapatkan tegangan output rerata dan RMS yang sesuai.



Gambar 6.3. Gelombang Rangkaian AC Regulator 1 Fasa Unidirectional

Besarnya tegangan output yang dihasilkan oleh rangkaian AC regulator 1 fasa unidirectional dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

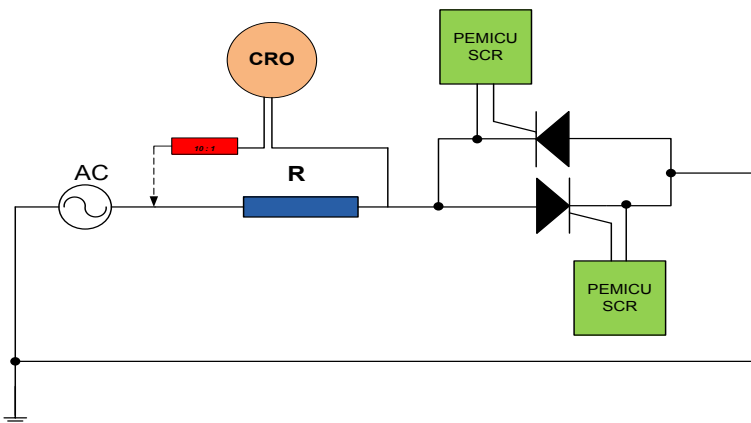
$$V_{ac} = \frac{E}{2\pi} m (\cos \alpha - 1)$$

Sedangkan tegangan efektif yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

$$V_L = E_s \left[ \frac{1}{2\pi} (2\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2}) \right]^{1/2}$$

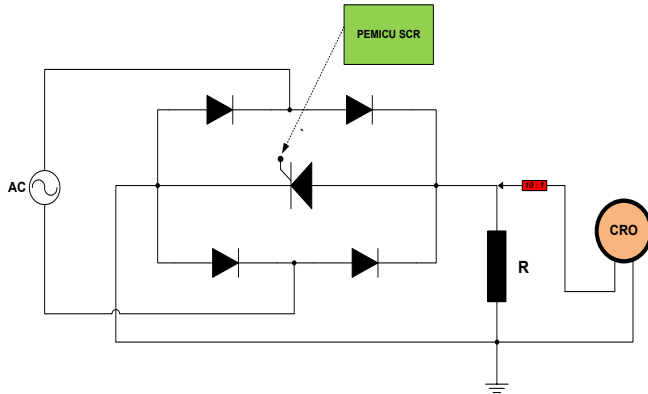
### 6.2.2. Rangkaian AC Regulator Satu Fasa Bidirectional

Rangkaian AC regulator satu fasa Bidirectional terdiri atas 2 komponen SCR yang dipasang anti paralel. Dengan pemasangan dua SCR memungkinkan kedua siklus AC baik pada polaritas positif maupun negatif dapat diatur. Dengan menghubungkan terminl Gate pada rangkaian pemicu SCR maka dapat diatur sudut penyulutan  $\alpha$ . Berikut ini adalah gambar rangkaian AC Regulator Bidirectional.



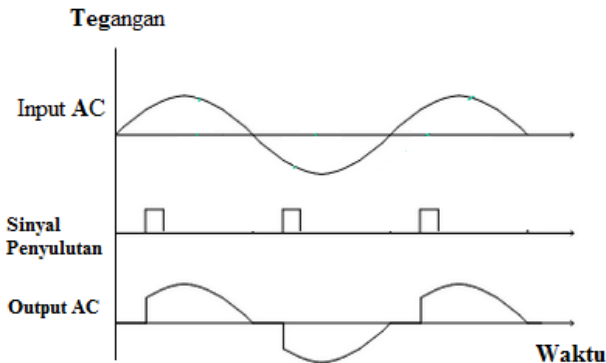
Gambar 6.4. Rangkaian AC Regulator 1 Fasa Bidirectional

Rangkaian AC Regulator satu fasa Bidireksional dapat juga dibuat dengan empat (4) buah Dioda dan satu (1) SCR yang dirangkai seperti pada gambar 6.6. di bawah ini. Dengan menggunakan konfigurasi seperti ini akan didapatkan tegangan output yang dapat diatur dengan sudut penyulutan pada terminal Gate SCR.



Gambar 6.5. Bentuk gelombang AC Regulator 1 Fasa Bidirectional

Bentuk gelombang tegangan output rangkaian ini dapat dilihat pada gambar 6.2. dibawah ini. Hanya tegangan output pada setengah siklus pertama saja yang dapat diatur dengan sudut penyulutan SCR, sedangkan pada setengah siklus kedua akan tetap sama dengan gelombang inputnya.



Gambar 6.6. Bentuk gelombang AC Regulator 1 Fasa Bidirectional

Besarnya tegangan output yang dihasilkan oleh rangkaian AC regulator satu fasa Bidirectional dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

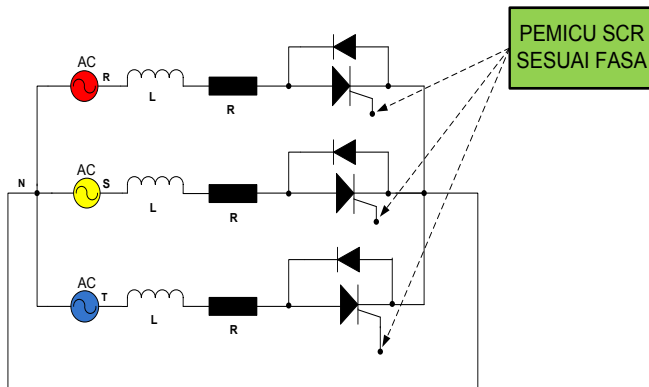
$$V_{out} = V_s \left[ \frac{1}{\pi} \left( \pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) \right]^{1/2}$$

### 6.3 Rangkaian AC Regulator Tiga Fasa

AC regulator tiga fasa merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengubah listrik AC tiga fasa menjadi listrik AC dengan tegangan yang dapat diatur. Rangkaian AC regulator tersusun atas Dioda dan SCR yang dipasang anti paralel. Pengaturan tegangan output dilakukan dengan mengatur sudut penyulutan  $\alpha$  pada terminal Gate pada SCR.

#### 6.3.1. Rangkaian AC Regulator 3 Fasa Unidirectional

Rangkaian AC Regulator tiga fasa Unidirectional merupakan rangkian pengubah tegangan AC tiga fasa yang tersusun atas kombinasi SCR dan Dioda. Disebut dengan istilah Unidirectional karena hanya satu sisi yang dapat diatur oleh sudut pemicuan. Berikut ini adalah gambar rangkaian AC Regulator tiga fasa Unidirection.



Gambar 6.7. Rangkaian AC Regulator tiga fasa Unidirectional

Prinsip kerja rangkaian AC Regulator AC tiga fasa Unidirectional yaitu mirip dengan AC regulator satu fasa Unidirectional. Untuk rangkaian tiga fasa, masing-masing fasa terdiri atas Dioda dan SCR yang dipasang secara anti paralel. Pada saat input listrik AC pada polaritas positif maka yang aktif adalah salah satu dari Dioda atau SCR, demikian juga pada saat input listrik polaritas negatif, maka yang aktif hanya salah satu. Demikian juga pada fasa yang lain yaitu fasa R, S dan T.

Pengaturan tegangan output dilakukan dengan mengatur sudut penyulutan  $\alpha$  pada terminal Gate SCR di masing-masing fasa. Dengan memberikan penyulutan maka tegangan output akan terpotong sesuai dengan penyulutannya. Semakin besar nilai  $\alpha$ , maka tegangan output akan semakin kecil, demikian sebaliknya.

Besarnya tegangan output yang dihasilkan oleh rangkaian AC regulator tiga fasa Unidirectional dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut. Tegangan antara Fasa ke Netral dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{RN} = V_{s,rms} \sqrt{2} \sin \omega t$$

$$V_{SN} = V_{s,rms} \sqrt{2} \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$V_{TN} = V_{s,rms} \sqrt{2} \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right)$$

Sedangkan tegangan antar fasa dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{R-S} = V_{s,rms} \sqrt{6} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$V_{S-T} = V_{s,rms} \sqrt{6} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$V_{T-R} = V_{s,rms} \sqrt{6} \sin\left(\omega t - \frac{7\pi}{6}\right)$$

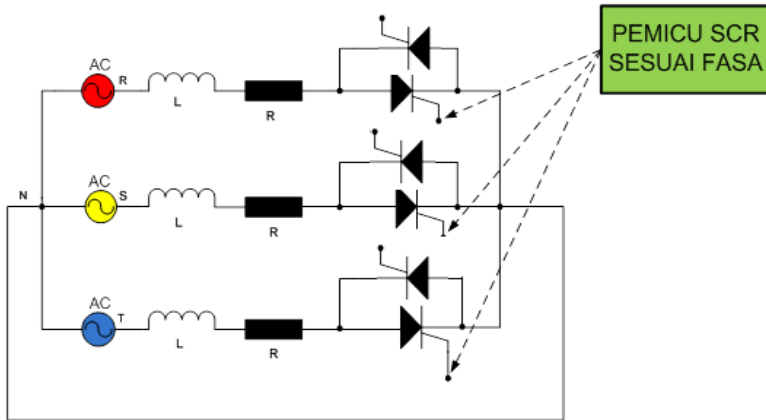
### 6.3.2. Rangkaian AC Regulator 3 Fasa Bidirectional

Rangkaian AC Regulator tiga fasa Bidirectional merupakan rangkaian pengubah tegangan AC tiga fasa yang tersusun atas dua buah SCR yang dipasang secara anti paralel di masing-masing fasa. Dengan pemasangan dua SCR di masing-masing fasa maka akan didapat tegangan output yang dapat diatur pada tiap polaritas baik positif maupun negatif. Tegangan yang dihasilkan akan simetris antara positif dan negatif jika pasangan SCR disulut pada sudut fasa yang sama. Karena kedua sisi polaritas dapat diatur maka rangkaian ini disebut dengan Bidirectional.

Prinsip kerja kerja AC regulator tiga fasa bidirectional yaitu dengan memasang dua SCR secara anti paralel pada masing-masing fasa R, S dan T. Pada saat polaritas fasa R positif, maka salah satu SCR dipanjar maju. Dan pada saat arus penyulutan pada terminal Gate diberikan maka SCR akan ON sedangkan SCR yang lain OFF. Pada setengah siklus berikutnya pada saat diberikan input polaritas negatif maka SCR yang satunya akan dipanjar maju dan SCR yang tadi ON dipanjar mundur, sehingga SCR yang satu ON dan satunya OFF. Dengan pengaturan sudut penyulutan  $\alpha$ , akan didapat tegangan output tiga fasa yang telah dikontrol.



Berikut ini adalah gambar rangkaian AC Regulator tiga fasa Biredctional.



Gambar 6.8. Rangkaian AC Regulator tiga fasa Bidirectional

Besarnya tegangan output yang dihasilkan oleh rangkaian AC regulator tiga fasa Bidirectional dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut. Tegangan antara Fasa ke Netral dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{R-N} = V_{s,rms} \sqrt{2} \sin \omega t$$

$$V_{S-N} = V_{s,rms} \sqrt{2} \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$V_{T-N} = V_{s,rms} \sqrt{2} \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right)$$

Sedangkan tegangan antar fasa dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{R-S} = V_{s,rms} \sqrt{6} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$V_{S-T} = V_{s,rms} \sqrt{6} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$V_{T-R} = V_{s,rms} \sqrt{6} \sin\left(\omega t - \frac{7\pi}{6}\right)$$

## 6.4 Aplikasi AC Regulator

Rangkaian AC Regulator merupakan rangkaian pengubah listrik AC menjadi listrik AC baik satu maupun tiga fasa. Oleh karena itu, banyak digunakan pada peralatan yang membutuhkan catu daya AC. di rumah, banyak dijumpai peralatan yang membutuhkan tegangan AC konstan agar peralatan dapat bekerja dengan baik. Oleh karena itu, dibutuhkan peralatan stabilizer atau penyetabil tegangan. Demikian juga dengan rangkaian kontrol redup terang lampu AC yang disebut dengan dimmer. Aplikasi ini banyak ditemui baik di rumah, kantor atau hotel untuk keperluan pencahayaan. Aplikasi lainnya yaitu untuk pengaturan tegangan di generator yaitu untuk menjaga nilai tegangan pada suatu nilai tertentu, untuk itu digunakan peralatan Automatic Voltage Regulator (AVR).

Berikut ini adalah contoh aplikasi rangkaian AC Regulator yang banyak digunakan dalam kebutuhan nyata.

### 6.4.1. Stabilizer

Stabiliser atau penyetabil tegangan adalah rangkaian yang digunakan untuk menjaga tegangan listrik AC pada nilai tertentu. Tegangan di rumah yang baik harus dijaga tetap pada nilai 220 Volt agar peralatan listrik dapat bekerja secara optimal. Dalam kenyataannya sering kali tegangan listrik berfluktuasi naik dan turun

sehingga berpotensi mengganggu kinerja peralatan listrik dan menyebabkan kerusakan. Dengan stabiliser maka tegangan listrik yang berubah-ubah dapat dijaga tetap pada nilai tertentu. Berikut ini adalah contoh produk stabiliser yang ada di pasaran dan banyak digunakan dalam aplikasi di rumah, kantor maupun industri.



Gambar 6.9. Penyetabil Tegangan atau Stabiliser

Stabiliser yang beredar di pasaran biasanya terdapat 2 sistem tegangan yaitu 220 volt dan 110 volt. Untuk itu diperlukan kehati-hatian dalam menggunakan peralatan ini agar tidak merusakkan peralatan listrik yang akan distabilkan. Sistem kelistrikan di Indonesia menggunakan standar tegangan 220 Volt untuk satu fasa dan 380 Volt untuk tegangan antar fasa pada listrik tiga fasa. Hal ini berbeda dengan negara-begara lain semisal China, Taiwan, Korea dan Jepang yang menggunakan standar tegangan listrik AC 110 Volt. Untuk mengatasi perbedaan sistem tegangan listrik ini, biasanya produsen menyediakan 2 sistem yaitu 110 Volt dan 220 Volt. Oleh

karena itu, pengguna peralatan perlu jeli memilih nilai tegangan sesuai dengan standar yang digunakan di suatu negara.

#### 6.4.2. Peredup Lampu (Dimmer)

Aplikasi lain dari rangkaian AC Regulator adalah peredup lampu atau sering dikenal dengan istilah dimmer. Rangkaian ini digunakan baik di rumah, kantor atau hotel untuk mengatur terang dan redup nyala lampu AC. prinsip kerja alat ini yaitu dengan mengatur tingkat keterangan nyala lampu melalui saklar putar atau tombol keypad.

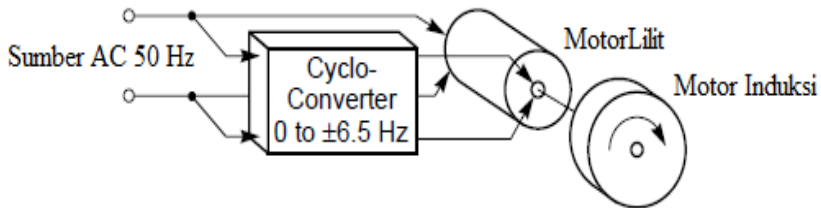


Gambar 6.10. Alat pengatur tingkat keterangan lampu AC (Dimmer)

#### 6.4.3. Kontrol Motor

Peralatan listrik baik di rumah maupun industri kebanyakan digerakkan oleh motor listrik baik motor AC maupun DC. Pada motor AC, untuk melakukan pengaturan kecepatan putar, putar kanan atau

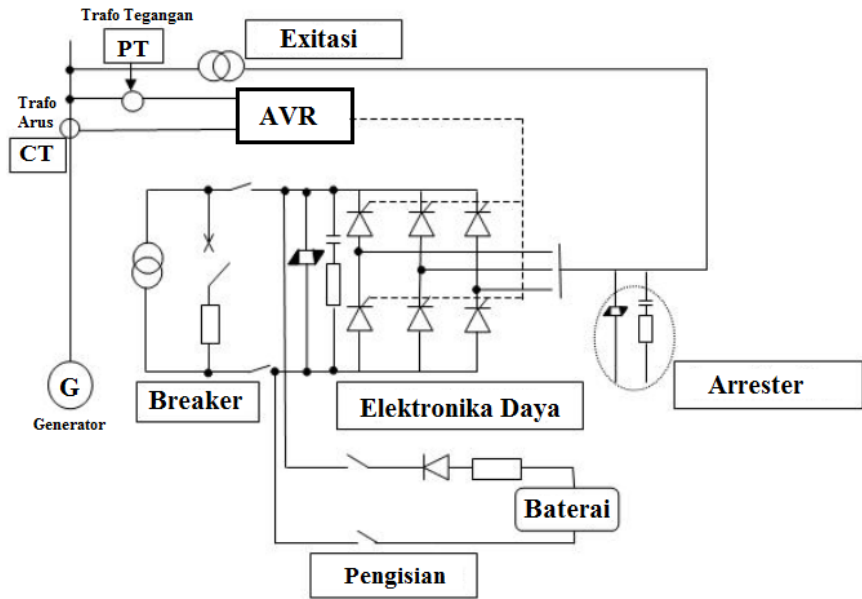
kiri dan pengaturan torsi diperlukan rangkaian pengubah frekuensi. Untuk itu dapat menggunakan VSD atau siklokonverter. Berikut ini adalah contoh penggunaan rangkaian AC Regulator siklokonverter untuk mengatur kecepatan motor AC.



Gambar 6.11. Rangkaian Siklokonverter untuk kontrol motor AC

#### 6.4.4. Automatic Voltage Regulator

Automatic Voltage Regulator (AVR) merupakan peralatan kontrol di pembangkit listrik yang berguna sebagai penyetabil tegangan di generator. Kondisi beban yang berubah-ubah akan menyebabkan tegangan di Generator mengalami fluktuasi. Hal ini tidak baik bagi generator, apalagi jika dihubungkan dalam jaringan interkoneksi. Salah satu syarat generator dapat diparalel atau dihubungkan dengan jaringan yaitu adanya tegangan yang sama, frekuensi yang sama serta urutan fasa yang sama. Oleh karena itu, generator perlu dilengkapi dengan peralatan AVR agar tegangannya selalu sama setiap saat walaupun terjadi perubahan pembebanan.



Gambar 6.12. Rangkaian AVR di pembangkit listrik