

BAB 8

RANGKAIAN INVERTER DAN APLIKASINYA

8.1 Pengantar

Inverter adalah rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengubah listrik DC menjadi listrik AC baik satu maupun tiga fasa dengan tegangan dan frekuensi yang dapat diatur. Peralatan ini banyak dipakai baik di rumah tangga maupun industri untuk konversi energi listrik dari DC ke AC. peralatan inverter sangat berguna bagi peralatan-peralatan yang membutuhkan catu daya listrik AC tetapi sumber daya yang ada listrik DC.

Perkembangan teknologi elektronika yang semakin pesat menjadikan inverter menjadi sebuah kebutuhan di era modern seperti sekarang. Kebutuhan manusia yang besar terhadap energi listrik, menjadikan peralatan konversi energi listrik merupakan kebutuhan yang tidak bisa ditinggalkan. Inverter digunakan untuk menggerakkan peralatan listrik yang membutuhkan catu daya AC, sedangkan sumber yang tersedia adalah listrik DC.

Pada saat berada dalam kondisi dimana tidak ada sumber listrik AC seperti di daerah pedesaan, daerah terpencil, saat mendaki

gunung, di dalam kendaraan atau saat listrik utama padam maka kebutuhan listrik harus disuplai dari listrik DC. Sumber listrik DC bisa didapat dari baterai, aki atau dari pembangkit listrik tenaga matahari, tenaga angin atau lainnya. Untuk mengoperasikan peralatan listrik AC seperti pemanas, kompor listrik, pendingin udara, kulkas, lampu penerangan dan lainnya dibutuhkan rangkaian pengubah listrik DC menjadi AC dalam sebuah alat yang disebut dengan inverter. UPS (*Uninterruptible Power Supply*) merupakan salah satu contoh peralatan yang di dalamnya terdapat rangkaian inverter. UPS sering digunakan untuk *backup* catu daya listrik pada komputer atau peralatan-peralatan kritikal di rumah, hotel, rumah sakit, dan industri.

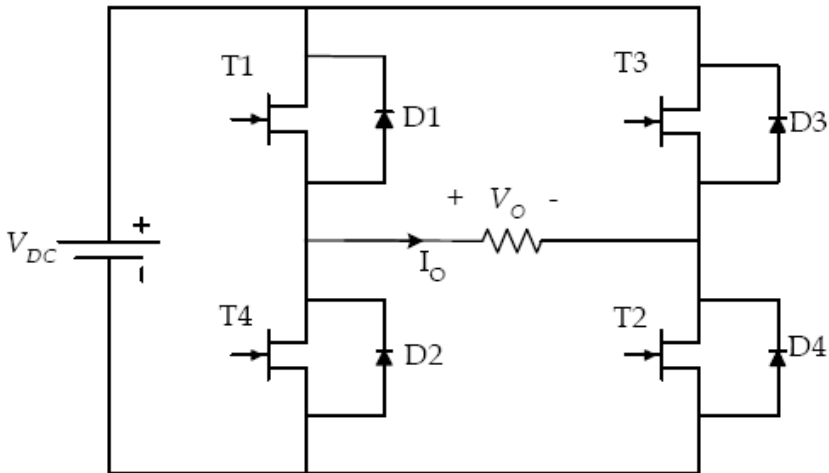
Di pasaran produk inverter tersedia banyak jenis dan ragamnya, mulai dari satu fasa sampai tiga fasa. Inverter tersedia dalam kapasitas daya yang berbeda mulai dari 100 W, 200 W, 300 W hingga yang ribuan KW atau bahkan dalam MW. Demikian juga dengan kualitas gelombang keluaran ada yang gelombang kotak, gelombang sinus yang diperbaiki dan ada pula inverter yang mengeluarkan bentuk gelombang sinus murni.



Gambar 8.1. Contoh produk inverter

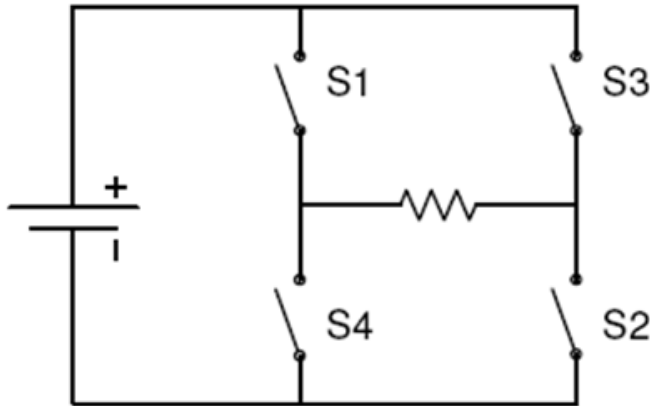
8.2 Rangkaian Inverter Satu Fasa

Rangkaian inverter satu fasa dapat dibentuk dari saklar elektronik dengan konfigurasi jembatan seperti terlihat pada gambar 8.2.



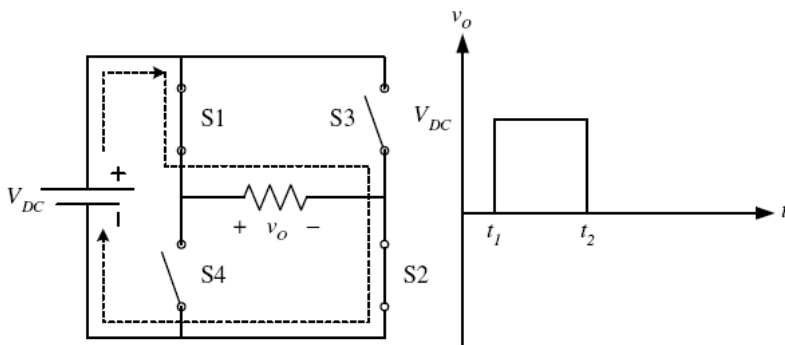
Gambar 8.2. Rangkaian inverter satu fasa

Rangkaian inverter yang terdiri atas 4 saklar elektronik di atas dapat disederhanakan dengan rangkaian ekivalen seperti ditunjukkan pada gambar 8.3. Dengan sumber listrik DC, melalui rangkaian inverter akan didapat output listrik AC dengan cara mengatur ke empat saklar elektronik secara bergantian dengan aturan tertentu.



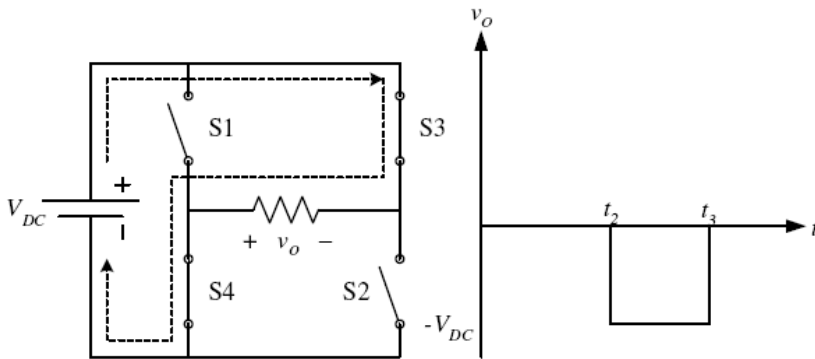
Gambar 8.3. Rangkaian ekivalen inverter 1 fasa

Dengan mengatur Saklar S1 dan S2 ON, dan S3 dan S4 OFF, maka arus listrik akan mengalir dari sumber positif menuju Saklar S1 selanjutnya menuju beban dan seterusnya melewati saklar S2 dan kembali ke sumber daya negatif baterai. Pada kondisi ini arus mengalir dari positif ke negatif beban. Arah arus dan bentuk gelombang pada kondisi ini dapat dilihat pada gambar 8.4.



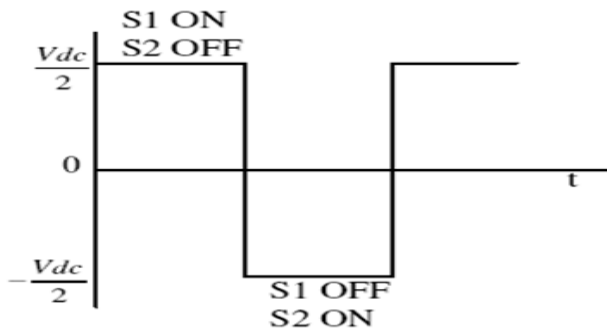
Gambar 8.4. Arah aliran arus dan bentuk gelombang output

Tahap selanjutnya dengan mengatur Saklar S3 dan S4 ON, dan S1 dan S2 OFF, maka arus listrik akan mengalir dari sumber positif menuju Saklar S3 selanjutnya menuju beban dan seterusnya melewati saklar S4 dan kembali ke sumber daya negatif baterai. Arah arus dan bentuk gelombang pada kondisi ini dapat dilihat pada gambar 8. Pada kondisi ini arus mengalir dari negatif ke positif beban yang dapat dijelaskan pada gambar 8.5.



Gambar 8.5. Arah aliran arus dan bentuk gelombang output

Dengan pengaturan saklar-saklar elektronik untuk ON dan OFF secara bergantian dengan frekuensi tertentu, maka akan didapat tegangan output listrik AC seperti pada gambar 8.6.

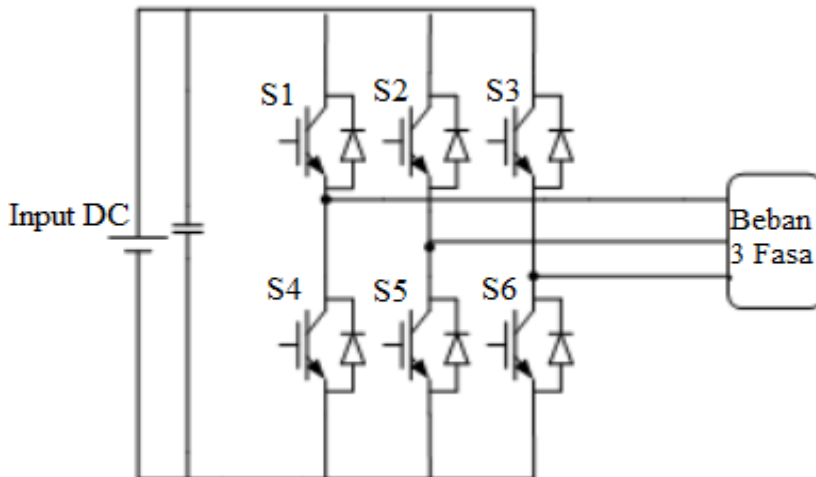


Gambar 8.6. Gelombang output rangkaian inverter 1 fasa

Tegangan output yang dihasilkan dari rangkaian inverter jenis ini masih berupa gelombang kotak. Bentuk gelombang kotak kurang baik jika digunakan untuk menyuplai beban listrik karena akan menimbulkan panas dan ketidaknormalan kinerja peralatan listrik dan elektronika. Motor listrik akan berjalan kurang halus apabila diberikan catu daya listrik AC dengan bentuk gelombang kotak.

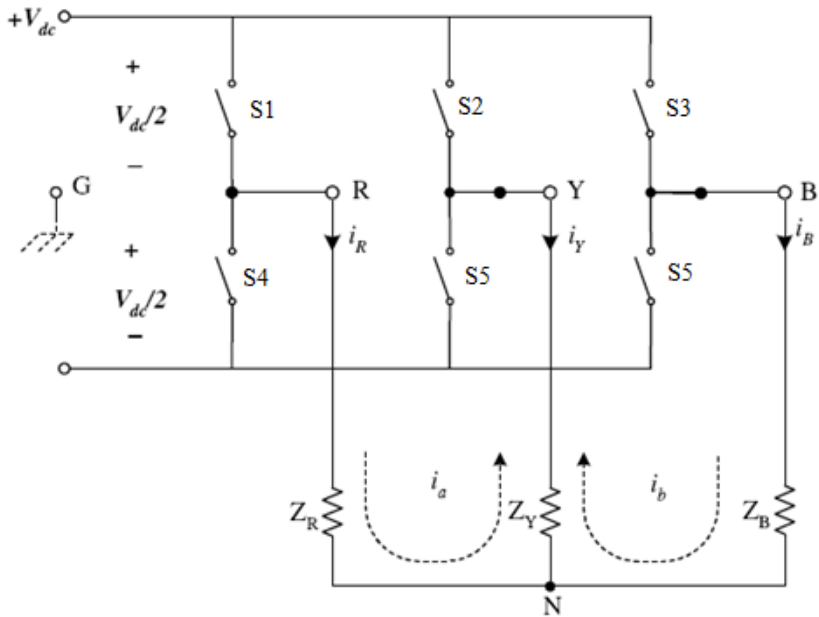
8.3 Rangkaian Inverter Tiga Fasa

Rangkaian inverter tiga fasa digunakan untuk mengubah sumber listrik DC menjadi listrik AC tiga fasa. Komponen yang digunakan pada rangkaian inverter tiga fasa pada umumnya adalah SCR atau IGBT yang disusun dengan konfigurasi jembatan seperti pada gambar berikut:



Gambar 8.6. Rangkaian Inverter tiga fasa

Untuk menganalisis cara kerja rangkaian inverter tiga fasa, rangkaian pada gambar 8.6 dapat disederhanakan menjadi rangkaian pengganti seperti ditunjukkan pada gambar 8.7.



Gambar 8.7. Rangkaian pengganti Inverter tiga fasa

Prinsip kerja dari rangkaian inverter tiga fasa tidak jauh berbeda dengan inverter satu fasa. Untuk mengubah listrik DC menjadi listrik AC diperlukan mekanisme pengendalian kombinasi penyalan saklar elektronis dengan frekuensi yang sesuai. Masing-masing saklar elektronis tidak boleh bekerja secara simultan karena dapat mengakibatkan gangguan.

Untuk menghasilkan gelombang output listrik tiga fasa diperlukan pengaturan penyalan saklar elektronis dalam hal ini IGBT atau SCR dengan perbedaan masing-masing fasa 120° . Urutan penyalan saklar elektronis dapat mengikuti aturan sebagai berikut:

1. Saklar S_1, S_5 dan S_6 ON sedangkan S_2, S_3 dan S_4 OFF
2. Saklar S_6, S_2 dan S_1 ON sedangkan S_3, S_4 dan S_5 OFF
3. Saklar S_2, S_4 dan S_6 ON sedangkan S_1, S_3 dan S_5 OFF
4. Saklar S_4, S_2 dan S_3 ON sedangkan S_1, S_5 dan S_6 OFF

5. Saklar S5, S4 dan S3 ON sedangkan S1, S2 dan S6 OFF
6. Saklar S1, S3 dan S5 ON sedangkan S2, S3 dan S6 OFF
7. Saklar S4, S5 dan S6 ON sedangkan S1, S2 dan S3 OFF
8. Saklar S1, S2 dan S3 ON sedangkan S4, S5 dan S6 OFF

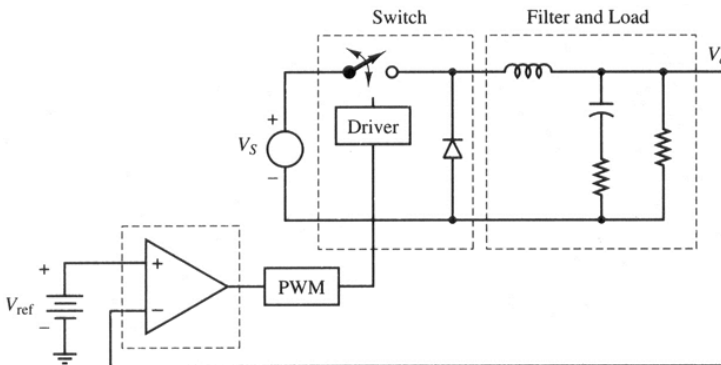
Dengan pengaturan penyalaaan saklar elektronis yang berjarak 120° , akan didapatkan gelombang listrik AC tiga fasa. Akan tetapi, listrik tiga fasa yang dihasilkan masih berbentuk gelombang kotak. Listrik tiga fasa gelombang kotak ini kurang baik jika digunakan untuk mensuplai peralatan listrik karena dapat menimbulkan panas.

Bentuk gelombang listrik AC baik satu fasa maupun tiga yang ideal adalah sinusoidal. Untuk menghasilkan bentuk gelombang listrik AC yang berbentuk sinusoidal diperlukan rangkaian tambahan seperti Pulse Width Modulator atau sering dikenal dengan istilah PWM.

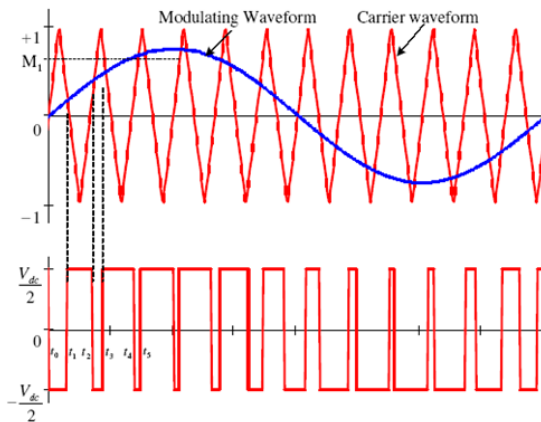
8.4 Rangkaian Penghalus Gelombang Kotak

Rangkaian inverter seperti yang dijelaskan sebelumnya akan menghasilkan listrik AC dengan bentuk gelombang kotak. Bentuk gelombang kotak pada listrik AC tidak baik bagi peralatan listrik karena secara desain, peralatan listrik membutuhkan bentuk gelombang sinus. Pengaruh listrik AC gelombang kotak akan menyebabkan panas berlebih pada berbagai peralatan yang dampaknya menurunkan kinerja dan umur peralatan dan sistem. Untuk itu rangkaian inverter perlu ditambah dengan rangkaian penghalus gelombang kotak menjadi gelombang sinus.

Untuk menghasilkan Listrik AC dari Output rangkaian inverter dengan gelombang sinus diperlukan rangkaian PWM (Pulse Width Modulator). Rangkaian ini yang akan mencacah listrik DC menjadi listrik AC dengan bentuk gelombang mendekati sinus.



Gambar 8.8. Rangkaian *Pulse Width Modulation*



Gambar 8.9. Gambar Gelombang Hasil *Pulse Width Modulation*

Kenapa harus gelombang sinus? Listrik AC dengan gelombang non sinus sebenarnya bisa digunakan untuk sumber peralatan listrik seperti lampu, pemanas dan peralatan lainnya. Tetapi untuk motor listrik, gelombang AC non sinus akan mempengaruhi kualitas dayanya dan berefek pada panas yang ditimbulkan sehingga menyebabkan peralatan cepat panas dan rusak. Dengan menggunakan inverter, maka akan banyak diperoleh keuntungan

secara teknis bila dibandingkan dengan cara lain. Beberapa keuntungan tersebut antara lain:

- Jangkauan pengaturan kecepatan lebih lebar,
- Terdapat beberapa pola hubungan tegangan dan frekuensi,
- Mempunyai fasilitas penunjukan meter,
- Mempunyai lereng akselerasi dan deselerasi yang dapat diatur secara independen,
- Dimensi yang lebih kompak, serta
- Keamanan sistem lebih terjamin.

Di pasaran terdapat banyak produk AC Drive dengan nama produk yang berbeda-beda untuk setiap merek. Ada pabrikan yang menyebut dengan istilah Inverter, ada yang menggunakan istilah Variabel Speed Drive (VSD) dan ada pula yang menggunakan istilah Variabel Frequency Drive (VFD) yang semuanya sebenarnya menurun pada fungsi yang sama.

8.5 Aplikasi Rangkaian Inverter

Inverter dalam aplikasi sehari-hari digunakan sebagai pengubah sumber listrik DC menjadi listrik AC baik satu maupun tiga fasa. Contoh penerapan inverter banyak dijumpai pada berbagai peralatan baik di rumah, kantor maupun industri.

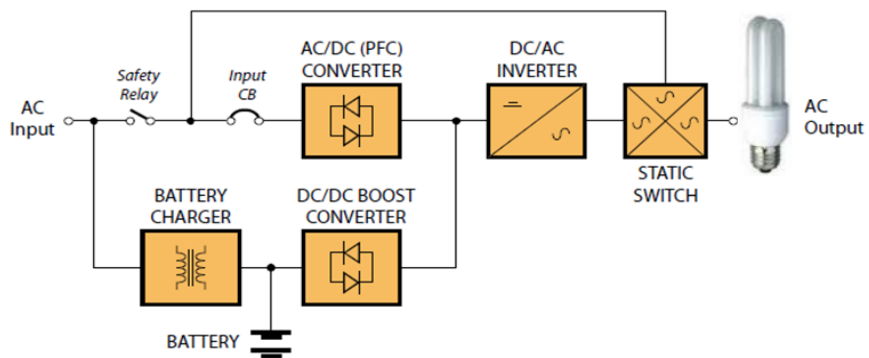
8.5.1. Lampu Emergensi

Salah satu aplikasi rangkaian inverter dapat ditemui pada peralatan di rumah, kantor ataupun industri yaitu pada lampu darurat. Lampu darurat merupakan lampu AC yang didalamnya terdapat sumber tenaga DC, rangkaian pengisi baterai dan rangkaian pengubah listrik DC menjadi listrik AC.



Gambar 8.8. Contoh produk lampu emergensi

Di dalam lampu emergensi terdapat berbagai modul yaitu: 1) modul baterai, modul charging baterai, modul penyearah dari AC ke DC, modul switch yang akan memindahkan catu daya jika sumber listrik utama padam dan modul inverter untuk mengubah listrik DC dari baterai menjadi listrik AC. Blok diagram lampu emergensi dapat dilihat pada gambar 8.9.



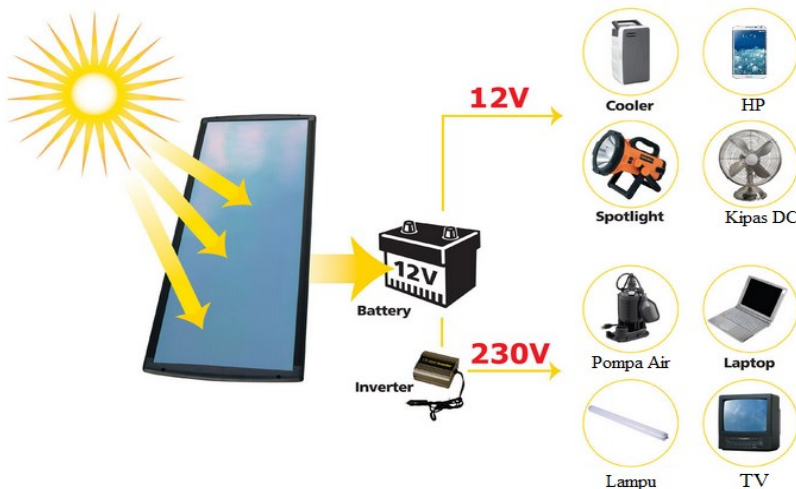
Gambar 8.9. Rangkaian Lampu Emergensi

8.5.2. Pengubah Listrik Solar Sel

Solar sel (pembangkit listrik tenaga matahari) dan wind turbin (pembangkit listrik tenaga angin) merupakan salah satu energi yang dapat diperbarui yang sekarang sedang tren. Makin langka dan menipisnya cadangan energi minyak dunia menjadikan sumber energi terbarukan menjadi primadona energi di masa depan.

Berbeda dengan pembangkit listrik pada umumnya yang menghasilkan listrik AC, solar sel dan wind turbin menghasilkan listrik DC. Oleh karena itu, jika akan digunakan untuk menyuplai beban listrik AC seperti motor listrik, setrika, kipas angin, AC, lampu, pemanas air, maka dibutuhkan peralatan untuk mengubah listrik DC menjadi AC yang disebut dengan inverter. Inverter dipasang dengan baterai untuk mengubah energi yang tersimpan di baterai menjadi energi listrik AC.

Berikut ini adalah blok diagram rangkaian inverter pada solar sel dan wind turbin.



Gambar 8.9. Rangkaian inverter solar sel

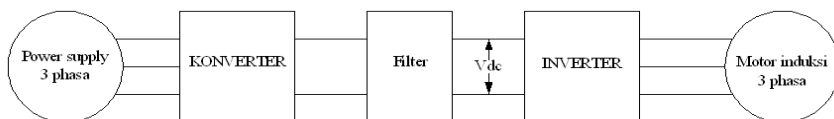
8.5.3. Kontrol Kecepatan dan Torsi Motor dengan VSD

Variabel Speed Drive (VSD) atau dikenal dengan nama Variable Speed Frequency (VSF) atau juga dikenal dengan nama produk Inverter merupakan rangkaian kontrol kecepatan dan torsi motor AC yang menggunakan prinsip perubahan listrik DC menjadi AC.

Meningkatnya penggunaan motor listrik sebagai penggerak peralatan produksi di industri mendorong para pabrikan untuk terus mencari cara meminimasi biaya dan meningkatkan efisiensinya dalam operasinal dan kontrolnya. Salah satu cara yang dapat ditempuh adalah dengan menggunakan VSD.

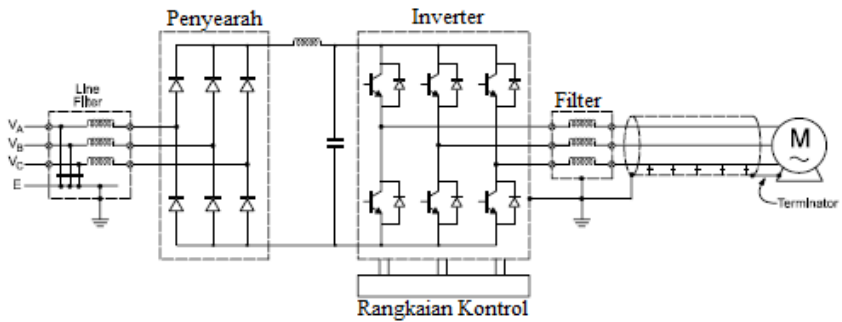
Penggunaan VSD dapat mengurangi konsumsi energi yang dibutuhkan oleh peralatan secara signifikan. Hal ini disebabkan VSD menggunakan prinsip switching untuk melakukan aksi kontrol dari sisi input sehingga motor listrik akan menyesuaikan dengan bebannya. Jika beban kecil, maka motor akan menyerap daya yang rendah sebaliknya jika beban besar motor akan menyerap daya yang besar pula. Hal ini berbeda pada pengendalian secara konvensional dimana motor akan menyerap daya input yang sama untuk beban yang berbeda.

Berikut ini adalah blok diagram rangkaian VSD dimana sumber input AC tiga fasa diubah menjadi listrik DC melalui rangkaian penyearah, selanjutnya listrik DC ini difilter untuk diratakan gelombangnya. Setelah rata selanjutnya listrik DC diubah menjadi listrik AC dengan frekuensi dan tegangan sesuai kebutuhan.



Gambar 8.10. Rangkaian VSD

Rangkaian VSD dapat dilihat pada gambar 8.11 yang terdiri atas penyearah, filter DC dan inverter.



Gambar 8.10. Rangkaian VSD

Di pasaran produk VSD mempunyai bentuk dan merk yang sangat beragam mulai dari yang sederhana sampai yang kompleks. Berikut ini adalah contoh VSD untuk kontrol motor.



Gambar 8.11. Produk VSD