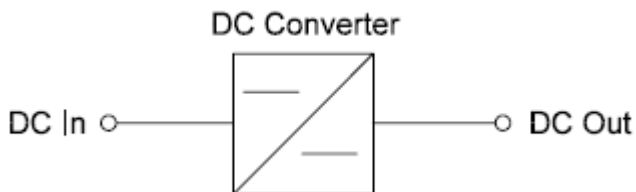


BAB 7

RANGKAIAN DC CHOPPER DAN APLIKASINYA

7.1 Pengantar

DC Chopper merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengubah sumber listrik DC menjadi listrik DC dengan tegangan yang dapat diatur. Pengubahan dan pengaturan tegangan listrik DC menjadi listrik DC sebenarnya dapat dilakukan dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan secara konvensional. Pengaturan atau pengubahan listrik DC menjadi DC dengan cara konvensional mempunyai kelemahan yaitu masalah efisiensi dan panas yang dihasilkan.



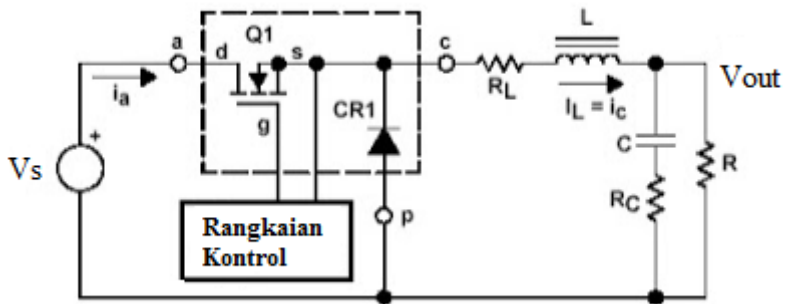
Gambar 7.1. Rangkaian DC Chopper Step-Down

Perkembangan ilmu dan teknologi elektronika membawa perubahan pengubahan listrik DC menjadi DC dengan konsep *switching* atau yang disebut dengan istilah DC Chopper. Pada rangkaian DC Chopper, penurunan atau penaikan tegangan dilakukan dengan komponen semikonduktor daya yaitu Transistor BJT atau FET. Komponen semikonduktor pada rangkaian DC Chopper berfungsi sebagai saklar elektronis yang dalam pengaturannya menggunakan rangkaian pemacu berupa gelombang pulsa baik arus maupun tegangan tergantung pada komponen semikonduktornya.

Istiah lain yang digunakan dalam pengubahan listrik DC menjadi DC yaitu Converter. Rangkaian penurun tegan biasa dikenal dengan nama Chopper Step-down atau Buck Converter, sedangkan rangkaian penaik tegangan biasa dikenal dengan Chopper Step-up atau Boost Converter. Untuk rangkaian yang dapat menurunkan dan menaikkan sering disebut dengan Chopper Step-Down/Up atau Buck/Boost Converter.

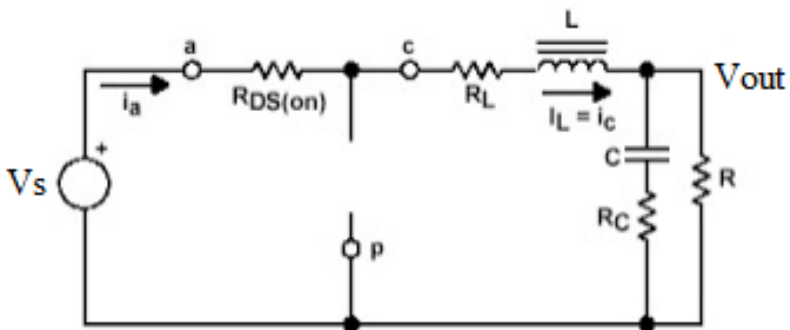
7.2 Rangkaian Chopper Step-Down

Chopper Step-Down atau Buck Converter adalah rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengubah listrik DC menjadi listrik DC dengan tegangan yang lebih rendah dari tegangan sumber. Rangkaian ini tersusun dari komponen semikonduktor (Transistor BJT, FET, IGBT atau SCR) dan rangkaian penyulutnya. Berikut ini adalah gambar rangkaian chopper step down.



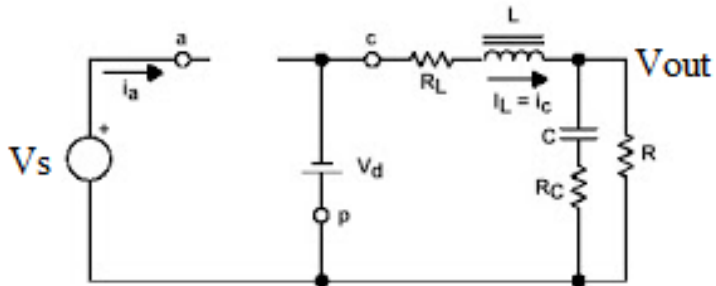
Gambar 7.2. Rangkaian DC Chopper Step-Down

Chopper step down bekerja berdasar pengaturan waktu nyala (T_{ON}) dan waktu mati (T_{OFF}) dari saklar elektronis. Dengan mengatur T_{ON} dan T_{OFF} atau yang dikenal dengan pengaturan siklus kerja (*duty cycle*) maka akan didapatkan tegangan output yang lebih rendah dari tegangan sumber (V_s). Pada saat saklar ON, maka tegangan output akan sama dengan tegangan sumber. Gambar 7.3. menunjukkan arah aliran arus pada saat saklar pada posisi ON.



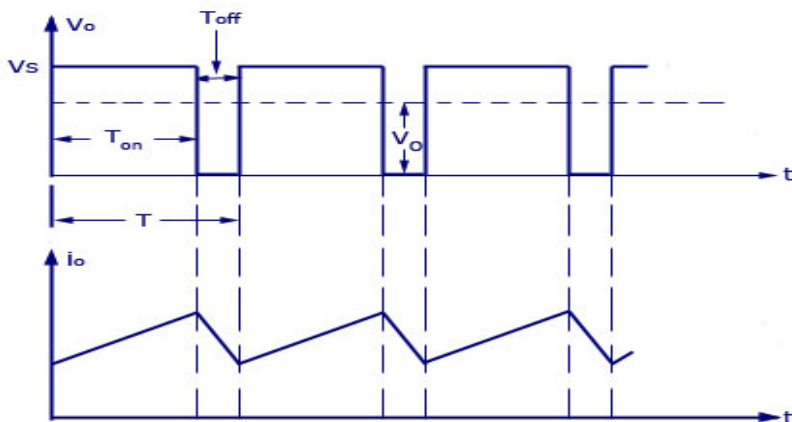
Gambar 7.3. Posisi saklar ON Rangkaian DC Chopper Step-Down

Pada saat saklar OFF maka tegangan output akan sama dengan nol dengan arah arus dapat digambarkan sebagai berikut



Gambar 7.4. Posisi saklar OFF Rangkaian DC Chopper Step-Down

Dari kedua kondisi yaitu saklar ON dan OFF dapat digambarkan gelombang output dan arus yang dihasilkan dari rangkaian seperti terlihat pada gambar 7.5.



Gambar 7.5. Bentuk gelombang output Rangkaian DC Chopper Step-Down

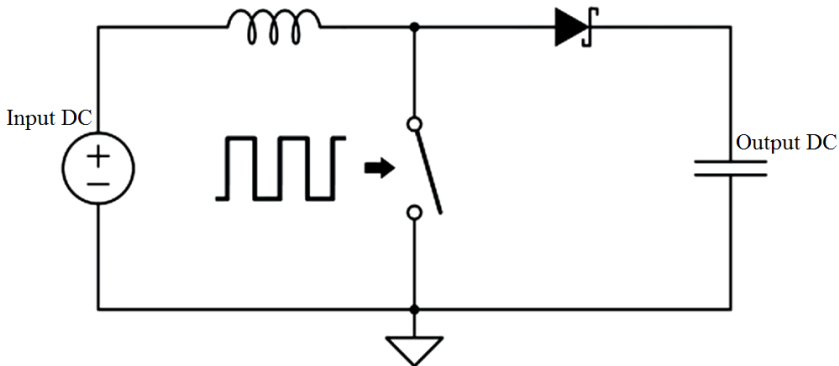
Besarnya tegangan output rangkaian DC Chopper Step Down di atas tergantung pada nilai T_{ON} dan T_{OFF} yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V_{output} = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} \cdot V_S$$

Pengaturan waktu nyala (T_{ON}) dan waktu mati (T_{OFF}) pada proses switching ini sering disebut dengan istilah pengaturan lebar pulsa dan metode ini dinamakan dengan Pulse Width Modulation (PWM). Metode ini banyak digunakan pada proses kontrol motor dan perubahan gelombang kotak menjadi gelombang sinus.

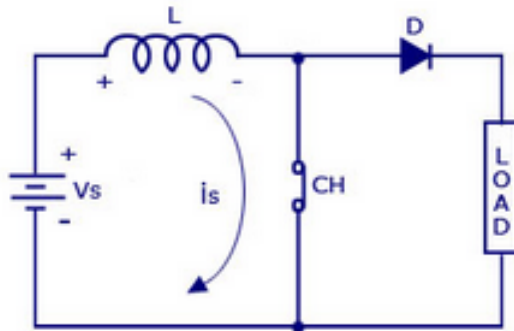
7.3 Rangkaian Chopper Step-Up

Chopper Step-Up adalah rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengubah listrik DC menjadi listrik DC dengan tegangan yang lebih besar dari tegangan sumber. Untuk menaikkan tegangan sumber pada rangkaian chopper step up diberikan induktor yang akan menyimpan muatan pada saat diberikan tegangan input. Berikut ini adalah gambar rangkaian DC Chopper step up.



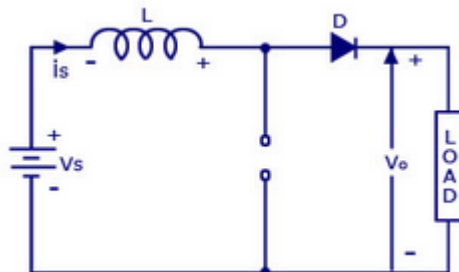
Gambar 7.6. Rangkaian DC Chopper Step-up

Prinsip kerja dari rangkaian Chopper Step up yaitu dengan mengatur saklar elektronik. Pada saat saklar pada posisi ON, maka arus listrik dari sumber akan mengisi induktor dan mengikuti loop sebagaimana terlihat pada gambar 7.3.



Gambar 7.7. Rangkaian DC Chopper Step-up

Pada saat saklar OFF maka arus dari sumber akan melewati induktor dan menuju beban melewati dioda. Berdasarkan hukum Kirchoff tegangan maka besarnya tegangan output merupakan penjumlahan dari tegangan sumber dan tegangan induktor sehingga akan menjadi lebih besar dari tegangan sumbernya.



Gambar 7.8. Rangkaian DC Chopper Step-up

Nilai tegangan output dari rangkaian Chopper Step up dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$V_{Output} = V_S + V_L$$

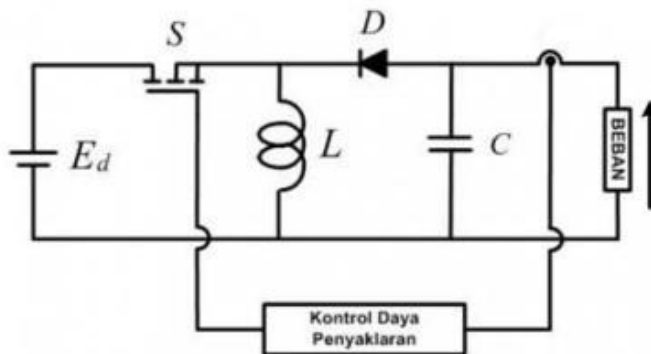
$$V_{output} = \frac{1}{1 - \alpha} \cdot V_S$$

dengan

$$\alpha = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

7.4 Rangkaian Chopper Step-Down/Up

Rangkaian Chopper Step-up/down atau penaik/penurun tegangan DC ke DC atau juga disebut dengan istilah Buck/Boost Converter merupakan rangkaian pengubah listrik DC menjadi listrik DC dengan tegangan output yang dapat dinaikkan atau diturunkan. Rangkaian ini menggabungkan antara Chpper step-down dan chopper step up. Komponen yang digunakan pada rangkaian ini sama dengan chopper step down atau step up yaitu menggunakan transistor BJT, FET, IGBT ataupun SCR. Rangkaian chopper step-down/up dapat dilihat pada gambar 7.9.



Gambar 7.9. Rangkaian DC Chopper Step-up

Prinsip kerja rangkaian ini adalah rangkaian kontrol daya penyaklaran akan memberikan sinyal kepada Transistor atau FET. Jika Transistor atau FET OFF maka arus akan mengalir ke induktor, energi yang tersimpan di induktor akan naik. Saat saklar transistor atau FET ON energi di induktor akan turun dan arus mengalir menuju beban. Dengan cara seperti ini, nilai rata-rata tegangan keluaran akan sesuai dengan rasio antara waktu pembukaan dan waktu penutupan saklar. Hal inilah yang membuat topologi ini bisa menghasilkan nilai rata-rata tegangan keluaran/beban bisa lebih tinggi maupun lebih rendah daripada tegangan sumbernya.

Besarnya tegangan output yang dihasilkan dari rangkaian ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{out} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} V_s$$

V_{out} : tegangan keluaran DC

V_s : tegangan sumber

α : siklus kerja

$$\alpha = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

7.5 Kelas-Kelas Chopper

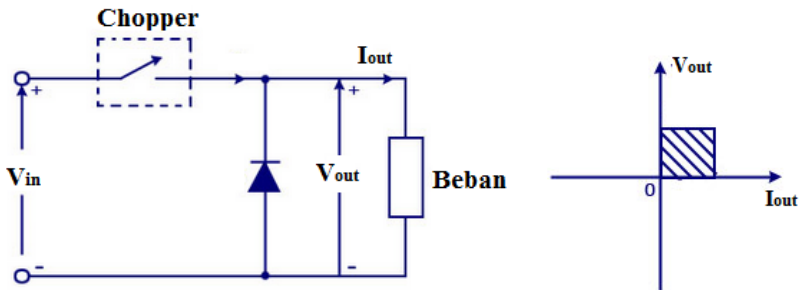
Berdasarkan arus dan tegangan yang dihasilkan, rangkaian Chopper dapat diklasifikasikan menjadi lima yaitu:

7.5.1. Chopper kelas A

Chopper kelas A dikenal dengan nama Chopper Kuadran I, karena daerah arus dan tegangan yang dihasilkan terletak pada kuadran I. Artinya arus dan tegangan yang dihasilkan oleh

rangkaian Chopper kelas A ini adalah positif. Chopper kelas A berfungsi sebagai penurun tegangan (*step down*) atau *buck converter*.

Prinsip kerja Chopper kelas A dapat dilihat pada gambar 7.10. Pada saat saklar Chopper ON maka $V_{out} = V_{in}$ karena arus akan mengalir langsung dari sumber ke beban. Tetapi jika Chopper OFF, maka tegangan V_{out} akan sama dengan 0, tetapi arus I_{out} tetap mengalir dengan arah yang sama melalui dioda *Freewheeling*. Sehingga nilai rerata tegangan dan arus keluarannya akan selalu positif sebagaimana ditunjukkan pada gambar 7.10.



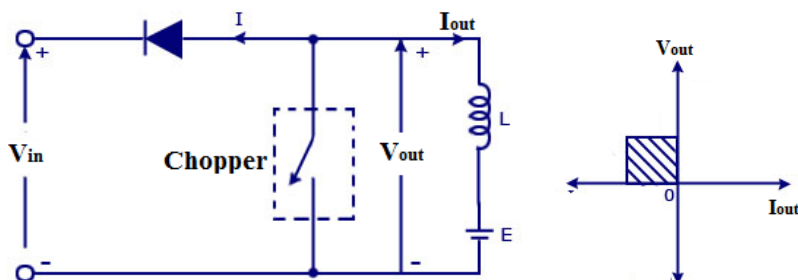
Gambar 7.10. Chopper Kelas A dan karakteristik arus tegangan

Chopper Kelas A akan selalu mengalirkan daya dari sumber ke beban, sehingga tegangan output akan selalu lebih rendah dari tegangan input. Dengan demikian Chopper kelas A bertindak sebagai penurun tegangan DC. Chopper kelas A banyak digunakan untuk melakukan kontrol kecepatan motor DC.

7.5.2. Chopper kelas B

Chopper Kelas B atau sering disebut dengan Chopper Kuadran II mempunyai karakteristik yang berbeda dengan Chopper Kelas A.

Pada Chopper Kelas B selalu terdapat sumber DC pada sisi beban. Prinsip kerja dari Chopper kelas B dapat dilihat pada gambar 7.11.



Gambar 7.11. Chopper Kelas B dan karakteristik arus tegangan

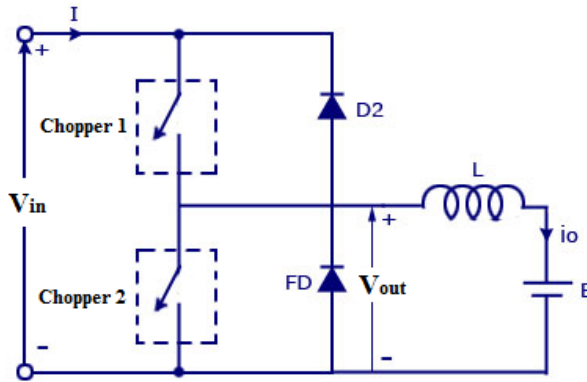
Pada saat Chopper ON, tegangan output V_{out} akan sama dengan 0, tetapi tegangan sumber di beban V_{in} akan mengalirkan arus melalui Induktor dan Chopper. Induktor akan menyimpan energi selama waktu T_{on} dari Chopper. Pada saat Chopper OFF, maka tegangan output merupakan penjumlahan dari tegangan sumber dan tegangan pada induktor atau dapat dirumuskan

$$V_{out} = E + L \cdot di/dt$$

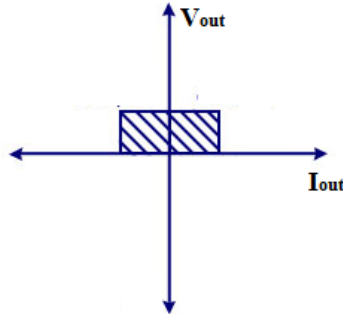
7.5.3. Chopper kelas C

Chopper kelas C merupakan kombinasi dari dua chopper kelas A dan chopper kelas B. Prinsip kerja Chopper kelas C dapat dilihat pada gambar 7.12. Saklar pada Chopper 1 dan Dioda D_2 bekerja seperti chopper kelas A, sedangkan saklar Chopper 2 dan Dioda D_1 bekerja seperti chopper kelas B. pengoperasian Chopper kelas C harus diperhatikan agar kedua saklar tersebut tidak bekerja secara bersama-sama. Jika kedua saklar bekerja secara bersama akan mengakibatkan sumber V_{in} akan mengalami hubung

singkat. Chopper kelas C ini dapat bekerja sebagai penyearah atau pembalik (inverter).



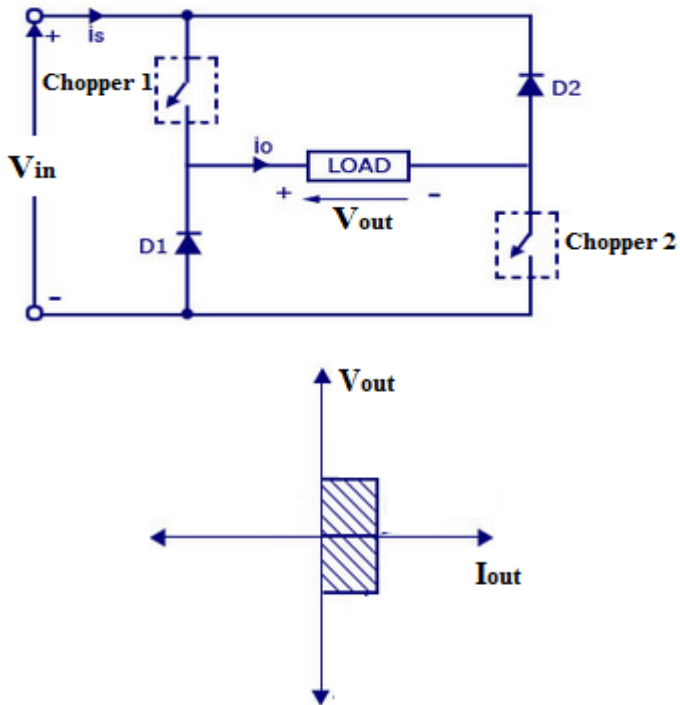
Gambar 7.12. Rangkaian Chopper Kelas C



Gambar 7.13. Karakteristik arus tegangan Chopper kelas C

7.5.4. Chopper kelas D

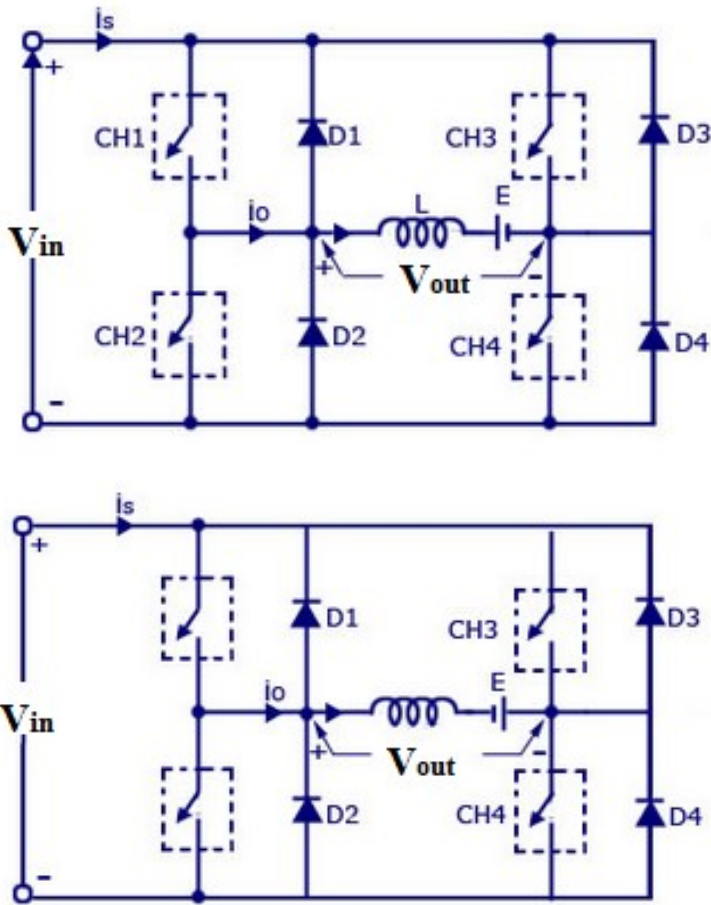
Rangkaian DC chopper kelas D ditunjukkan pada gambar 7.14. Chopper kelas D merupakan gabungan dari chopper kelas A dan chopper kelas B dimana, daerah kerja dari chopper ini yaitu pada kuadran I dan IV yaitu arus selalu positif dengan tegangan yang dapat berubah baik positif maupun negatif.



Gambar 7.14. Karakteristik arus tegangan Chopper kelas C

7.5.5. Chopper kelas E

Chopper kelas E sering disebut juga dengan Chopper empat kuadran dimana daerah kerja atau arus dan tegangan outputnya dapat berada pada empat daerah yaitu bisa positif maupun negatif. Chopper kelas E terdiri atas empat buah saklar semikonduktor dan empat buah Diod yang disusun anti paralel. Chopper 1 (CH1) dan Diod D1 beroperasi pada kuadran I.



Gambar 7.14. Rangkaian Chopper kelas E

7.6 Aplikasi Rangkaian Chopper

Rangkaian Chopper baik sebagai penurun atau penaik tegangan DC banyak dijumpai pada berbagai peralatan elektronik yang membutuhkan catu daya DC. Banyak peralatan listrik dan elektronika membutuhkan catu daya DC, sementara sumber yang ada adalah listrik AC oleh karena itu dibutuhkan rangkaian penyearah baik yang

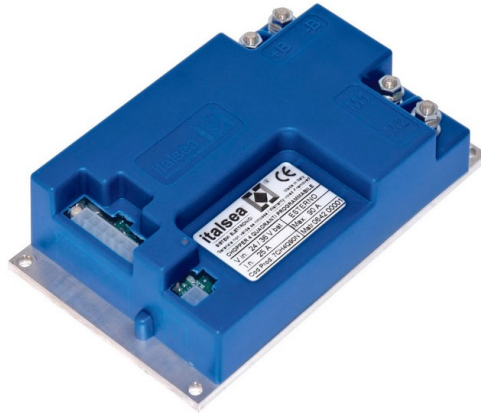
biasa maupun yang terkendali. Peralatan elektronika yang ada memerlukan tegangan DC yang berbeda-beda sesuai dengan dayanya. Tegangan yang umum digunakan pada peralatan elektronika adalah 3, 3 V, 5 V, 6 V, 9 V, 12 V, 18V, 24V, 48 Volt dan sebagainya. Output dari rangkaian penyearah terkadang masih belum sesuai dengan kebutuhan peralatan sehingga dibutuhkan rangkaian tambahan yaitu rangkaian penurun atau penaik tegangan DC.

Rangkaian penurun atau penaik tegangan DC selama ini dapat dilakukan dengan metode konvensional dengan regulator atau dengan metode switching. Metode konvensional mempunyai kelemahan yaitu efisiensi yang rendah karena kelebihan tegangan dibuang menjadi panas. Dengan adanya panas, diperlukan tambahan pendingin agar komponen tidak cepat rusak.

Sebagai contoh, dalam proses pengukuran tegangan DC, mikrokontroler hanya mempunyai range pembacaan ADC 0-5 Volt, sementara sensor memiliki range input 0 - 100 V. Untuk menurunkan range 0 - 100V agar sesuai dengan pembacaan mikrokontroler, diperlukan rangkaian penurun tegangan untuk menyesuaikannya.

Aplikasi rangkaian DC Chopper sangat banyak dalam peralatan elektronik maupun peralatan listrik. Beberapa contoh aplikasi yaitu pada catu daya DC di komputer, Laptop, Handphone, DVD Player, TV LED, Perangkat audio, obat nyamuk elektrik, alat kejut setrum listrik, alat pijat elektronik, perangkat telekomunikasi dan lain sebagainya. Biasanya Chopper tidak berdiri sendiri melainkan terintegrasi dalam rangkaian catu daya bersama dengan penyearah, penyearah terkendali atau inverter.

Berikut ini adalah contoh produk DC chopper yang ada di pasaran dan banyak digunakan pada aplikasi di industri.



Gambar 7.10. Produk DC Chopper

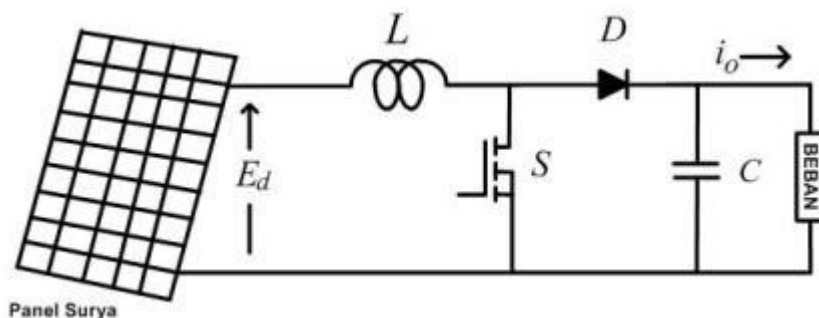
Untuk mengurangi efek panas yang ditimbulkan pada arus yang mengalir, rangkaian DC Chopper perlu dilengkapi dengan pendingin yang dipasang didekat komponen semikonduktor daya. Pendingin biasanya terbuat dari bahan alumunium yang mempunyai bentuk sirip untuk melepas panas. Contoh peralatan DC Chopper yang dilengkapi dengan pendingin dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 7.10. Produk DC Chopper

7.6.1. Rangkaian Peningkat Tegangan Pada Solar Sel

Solar sel merupakan pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi matahari. Biasanya tegangan yang dihasilkan dari solar sel relatif kecil sehingga untuk menyuplai beban-beban yang besar tidak mampu. Oleh karena itu, diperlukan rangkaian peningkat tegangan DC. Karena tegangan output solar sel adalah listrik DC, yang digunakan adalah DC Chopper step up atau Boost Converter. Berikut ini adalah gambar rangkaian peningkat tegangan yang terhubung dengan solar sel.



Gambar 7.10. Rangkaian DC Chopper Step-up solar sell