

BAB 1

PENGANTAR ELEKTRONIKA DAYA

1.1 Pengantar

Elektronika Daya merupakan salah satu bidang ilmu yang mempelajari dan membahas aplikasi elektronika yang berkaitan dengan peralatan listrik yang berdaya cukup besar. Berbagai peralatan dan aplikasi nyata di industri yang menggunakan sumber listrik dengan kapasitas daya yang besar seperti motor listrik, pemanas, pendingin, fan, kompresor, pompa, konveyor dan aplikasi-aplikasi lainnya. Elektronika daya mulai populer setelah berbagai pengaturan secara konvensional kurang dapat memenuhi kebutuhan industri. Pengaturan berbagai aplikasi di industri secara konvensional tidak efektif dan menimbulkan rugi-rugi yang cukup besar sehingga diperlukan mekanisme pengaturan yang lebih baik. Salah satu pilihan adalah dengan menggunakan perangkat elektronika.

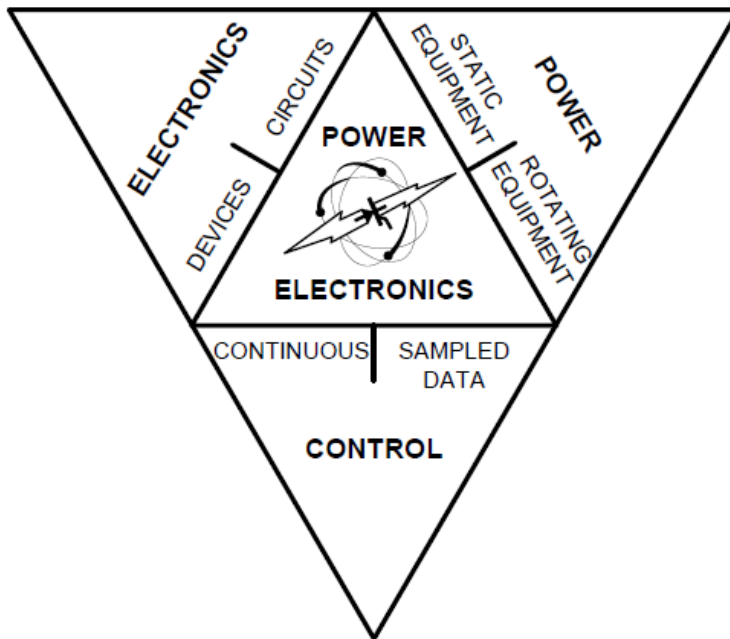
Untuk dapat melakukan pengaturan berbagai macam peralatan di industri diperlukan peralatan kontrol yang mampu beroperasi pada tegangan dan arus yang cukup besar. Peralatan elektronika

biasa yang sering digunakan dalam aplikasi rumah tangga tidak mampu bekerja pada arus dan tegangan yang besar sehingga diperlukan perangkat elektronika yang mampu bekerja pada arus dan tegangan yang besar. Elektronika Daya memberikan solusi terhadap permasalahan di dunia industri untuk dapat melakukan pengaturan peralatan-peralatan dengan menggunakan rangkaian yang dapat bekerja dengan arus dan tegangan yang besar. Beberapa aplikasi di industri bekerja pada arus yang mencapai ratusan bahkan ribuan amper dan tegangan yang tinggi 220 V, 380 V, 600 V, 3,8 KV, 6 KV, 11 KV, 13,8 KV bahkan ada yang lebih tinggi lagi. Pengaturan peralatan yang berdaya besar ini tidak mungkin dilakukan dengan rangkaian elektronika yang berdaya kecil seperti peralatan rumah tangga yang arusnya kurang dari 5 Ampere dan tegangannya kurang dari 60 V.

1.2 Ruang Lingkup

Elektronika Daya mencakup berbagai bidang ilmu yang mendasari perkembangan ilmu ini. Beberapa bidang ilmu yang terkait dengan Elektronika daya diantaranya adalah: 1) Elektronika yang mencakup peralatan dan rangkaian elektronika, 2) Sistem Tenaga Listrik yang mencakup peralatan tenaga listrik statik maupun peralatan listrik yang berputar, dan Sistem Kontrol yang mencakup kontrol kontinyu dan diskrit. Secara lengkap, ruang lingkup materi bahasan Elektronika Daya seperti pada gambar di bawah ini.

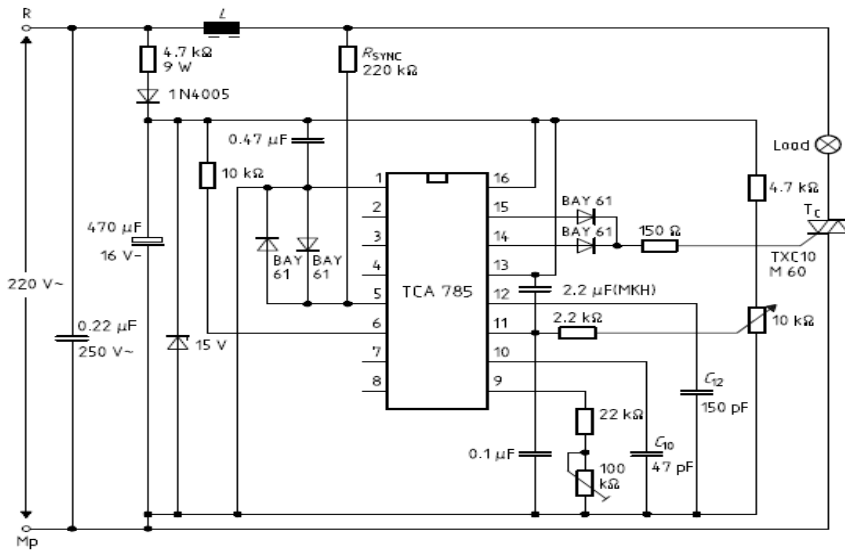
Bidang ilmu elektronika daya tidak dapat lepas dari ilmu-ilmu lain terutama dalam bidang teknologi *solid state physics*. Kebutuhan aplikasi di dunia kerja dan industri yang semakin kompleks menuntut adanya kolaborasi berbagai bidang ilmu untuk sehingga dapat menyelesaikan berbagai permasalahan di industri.



Gambar 1.1 Ruang lingkup elektronika daya

1.2.1. Sistem Elektronika

Sistem elektronika merupakan dasar utama pada aplikasi elektronika daya. Sistem elektronika akan membahas tentang peralatan elektronika yang terdiri atas semikonduktor dan komponen lainnya dalam suatu rangkaian elektronika. Untuk mempelajari elektronika daya diperlukan pemahaman terhadap materi rangkaian elektronika baik analog maupun digital. Berikut ini adalah salah satu contoh rangkaian elektronika yang terdiri atas komponen-komponen semikonduktor daya seperti IC TCA 785, Dioda, SCR, Triac, Resistor, Kapasitor dan komponen-komponen lainnya yang membentuk rangkaian elektronika daya.



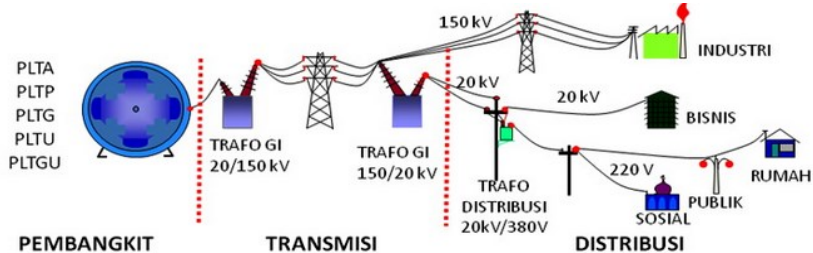
Gambar 1.2. Sistem Elektronika

Gambar di atas menjelaskan pentingnya pemahaman terhadap komponen dan rangkaian elektronika agar dalam mempelajari materi ini menjadi lebih mudah. Untuk lebih mendalam mempelajari tentang bidang ilmu elektronika, dapat dibaca, dikaji buku-buku elektronika baik analog maupun digital.

1.2.2. Sistem Tenaga Listrik

Objek utama dalam aplikasi elektronika daya adalah peralatan dan sistem yang memiliki daya (tegangan dan arus) listrik yang cukup besar. Oleh karena itu, untuk lebih memahami elektronika daya diperlukan pemahaman yang baik terhadap sistem tenaga listrik. Besaran-besaran listrik baik AC maupun DC perlu dipahami dengan baik. Besaran listrik seperti tegangan (V), arus listrik (I), daya listrik (P), faktor daya listrik (Cos pi), efisiensi, harmonik dan besaran-besaran listrik lainnya.

Peralatan listrik yang membutuhkan kontrol elektronika daya dapat berupa peralatan statik seperti trafo maupun peralatan yang berputar seperti motor listrik. Berikut ini adalah gambaran sistem tenaga listrik yang dimulai dari pembangkit sampai ke pemakaian oleh konsumen baik industri maupun rumah tangga.



Gambar 1.3. Sistem tenaga listrik

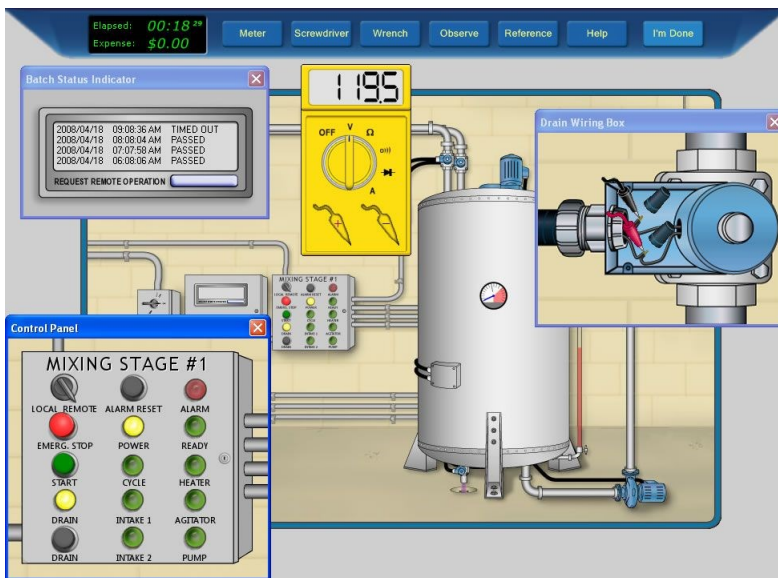
Gambar 1.3 menunjukkan bidang-bidang teknik tenaga listrik mulai dari pembangkit listrik, saluran transmisi, jaringan distribusi sampai dengan pemakaian oleh konsumen baik rumah tangga, dunia usaha maupun industri. Aplikasi elektronika daya berkaitan dengan permasalahan-permasalahan sistem tenaga listrik sebagaimana diilustrasikan pada gambar 1.3 di atas.

1.2.3. Sistem Kontrol

Aplikasi elektronika daya pada umumnya untuk melakukan pengontrolan aplikasi di industri. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman yang baik terhadap teknik dan sistem kontrol berbagai peralatan yang digunakan di industri. Sistem kontrol pada dasarnya dibedakan menjadi kontrol kontinyu dan contoh diskrit. Sistem kontrol kontinyu sering disebut dengan istilah kontrol proses yang digunakan untuk mengontrol proses produksi yang berlangsung secara kontinyu seperti pada industri minyak, gas, pembangkit listrik,

distribusi tenaga listrik, pengeboran minyak dan gas, industri makanan dan minuman serta industri-industri yang prosesnya berlangsung secara kontinyu. Sedangkan kontrol diskrit digunakan untuk mengontrol proses di industri yang berlangsung tidak secara kontinyu melainkan putus-putus. Industri perakitan kendaraan mempunyai karakteristik proses produksi yang diskrit.

Contoh pengaturan yang paling sering ditemui adalah pengaturan kecepatan putar motor listrik, pengaturan torsi motor listrik, pengaturan kecepatan aliran (*flow*) minyak, gas, pengaturan temperature, pengaturan tekanan, pengaturan kecepatan konveyor, pengaturan gerakan peralatan di industri dan pengaturan-pengaturan parameter lainnya.



Gambar 1.4. Contoh kontrol proses di industri

1.2.4. Sistem Komputer

Aplikasi industri sekarang ini kebanyakan sudah terintegrasi dengan sistem komputer. Untuk melakukan pengaturan berbagai peralatan di industri dilakukan secara remote dan hasilnya dapat

dimonitor dengan tampilan yang terintegrasi dengan *database* yang dioleh dalam komputer.



Gambar 1.5. Sistem kontrol berbasis komputer

Gambar 1.5 di atas menunjukkan salah satu antar muka antara peralatan listrik dengan manusia yang terhubung melalui layar monitor. Antar muka antara peralatan dengan manusia sering dikenal dengan istilah Human Machine Interface (HMI) atau juga dikenal dengan istilah lain Human Interface Station (HIS). Peralatan antar muk ini bnayak dijumpai pada industri yang menerapkan sistem kontrol otomatis dengan menggunakan peralatan kontrol berbasis Programmable Logic Controller (PLC), Distributed Control Systems (DCS) maupun Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA).

1.3 Karakteristik Elektronika Daya

Elektronika Daya (*Power Electronics*) didefinisikan sebagai sebuah aplikasi elektronika yang menitikberatkan pada pengaturan peralatan listrik yang berdaya besar dengan cara melakukan pengubahan parameter-parameter listrik (arus, tegangan, daya

listrik). Aplikasi elektronika yang dimaksud disini yaitu rangkaian yang menggunakan peralatan elektronika terutama semikonduktor yang difungsikan sebagai saklar (*switching*) untuk melakukan pengaturan dengan cara melakukan perubahan tipe sumber dari listrik AC menjadi AC (*AC Regulator*), perubahan listrik AC menjadi DC (*Converter*), perubahan listrik DC menjadi DC (*DC Converter*) dan perubahan listrik DC menjadi AC (*Inverter*). Peralatan semikonduktor yang digunakan adalah *solid-state electronics* untuk melakukan pengaturan yang lebih efisien pada sistem yang mempunyai daya dan energi yang besar.

Rangkaian elektronika daya memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Aplikasi teknik kontrol untuk mendapatkan efisiensi dalam proses konversi besaran listrik.

Salah satu permasalahan utama dalam proses perubahan besaran listrik adalah efisiensi. Perubahan besaran listrik secara konvensional mempunyai kelemahan yaitu rugi-rugi daya yang cukup besar sehingga efisiensinya rendah. Dengan perkembangan elektronika daya, proses perubahan besaran-besaran listrik dapat dilakukan dengan konsep *switching* elektronik sehingga rugi-ruginya dapat diminimalisasi.

2. Elektronika daya merupakan gabungan dari berbagai disiplin ilmu yaitu Teknik Tenaga Listrik, Elektronika dan teknologi sistem kontrol.

Sebagaimana dijelaskan pada sub bab sebelumnya, elektronika daya berkembang berkat adanya dukungan dari berbagai ilmu lain. Perkembangan ilmu elektronika daya harus didukung dengan penelitian bidang ilmu pendukung yang telah dibahas pada sub bab 2.

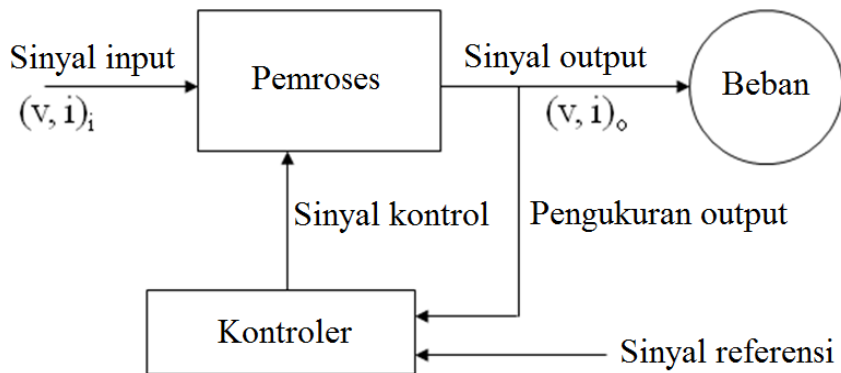
3. Elektronika daya menggunakan komponen elektronika daya (solid-state) untuk mengontrol dan mengonversi tenaga listrik. Salah satu kunci keberhasilan bidang ilmu elektronika daya adalah makin berkembangnya komponen-komponen semikonduktor daya. Komponen semikonduktor yang dulu hanya mampu menahan arus dan tegangan kecil, sekarang mulai berkembang komponen-komponen yang mampu menahan arus dan tegangan tinggi. Hal ini tidak lepas dari kebutuhan konsumen terutama dari industri dan juga riset yang dilakukan oleh lembaga pendidikan.
4. Rangkaian elektronika daya terdiri atas input dan beban (load). Prinsip rangkaian elektronika adalah melakukan konversi atau pengubahan dari input menjadi output yang kemudian dihubungkan ke beban. Untuk memudahkan dalam melakukan perancangan, analisis dan pengembangan perlu diperhatikan hal ini. Rangkaian elektronika daya dapat dianalisis dari inputnya dan dibandingkan dengan outputnya.

Prinsip ini akan memudahkan para engineer dalam melakukan analisis rangkaian elektronika daya.

5. Rangkaian elektronika daya dapat terdiri dari satu atau lebih converter untuk melakukan perubahan parameter listrik. Dalam aplikasinya, kombinasi berbagai rangkaian pengubah sering kali dikombinasi dalam sebuah peralatan. Contoh sederhana yaitu pada peralatan Uniinterruptible Power Supply (UPS), dimana pada peralatan ini terdapat pengubah listrik AC ke DC untuk mengisi baterai, rangkaian pengubah DC ke DC untuk menyesuaikan kebutuhan tegangan pengisian baterai. Pada saat listrik utama padam, maka listrik yang tersimpan di baterai akan diubah menjadi listrik AC untuk mensuplai beban melalui peralatan inverter.

Hal yang sama juga terjadi pada peralatan-peralatan elektronika daya lainnya seperti Variable Speed Drive (VSD), rangkaian eksitasi generator dengan menggunakan eksitasi terpisah maupun terintegrasi, lampu emergensi dan lainnya.

Secara umum, aplikasi elektronika daya dapat dijelaskan dengan diagram skematik sebagai berikut:



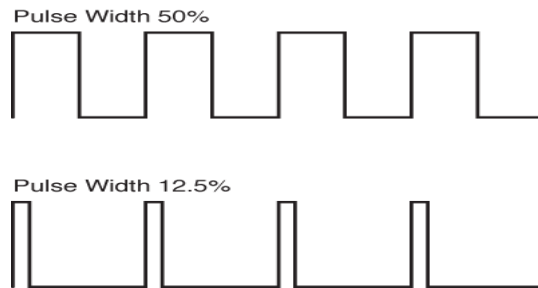
Gambar 1.6. Sistem Elektronika Daya

1.4 Fungsi Komponen Semikonduktor

Peralatan semikonduktor pada sistem elektronika daya mempunyai 3 fungsi utama yaitu sebagai berikut:

1. Pensaklaran (Switching)

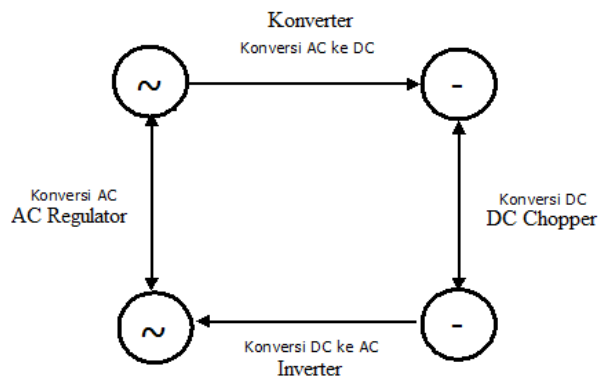
Fungsi utama semikonduktor pada aplikasi elektronika daya adalah sebagai saklar (*switching*) elektronik. Proses *switching* menjadi pokok bahasan utama pada materi elektronika daya sehingga perlu difahami dengan baik. *Switching* dilakukan secara elektronik dengan kecepatan tinggi yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan dengan rangkaian pembangkit pulsa seperti pada contoh berikut ini.



Gambar 1.7. Switching dengan lebar pulsa 50% dan 12,5 %

2. Pengubahan (Converting)

Fungsi kedua dari peralatan semikonduktor elektronika daya adalah untuk melakukan pengubahan atau *converting* dari tipe sumber. Konversi yang sering dilakukan pada rangkaian elektronika daya yaitu mengubah bentuk gelombang listrik. Pengubahan bentuk gelombang listrik didasarkan pada kebutuhan peralatan listrik dan sumber yang tersedia. Proses pengubahan besaran listrik dapat terjadi dari AC ke DC, AC ke AC, DC ke DC maupun dari DC ke AC. Proses pengubahan besaran meliputi pengubahan bentuk gelombang arus, tegangan maupun besaran lainnya.

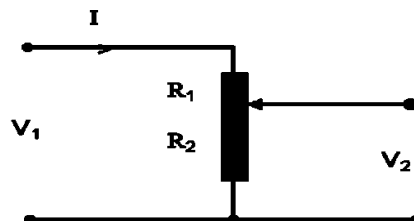


Gambar 1.8. Konversi parameter listrik dalam elektronika daya

Contoh perubahan energi listrik pada elektronika daya terjadi pada catu daya peralatan listrik seperti lampu LED. Peralatan listrik lampu LED memerlukan catu daya DC dengan tegangan sekitar 12 Volt, sedangkan sumber listrik yang tersedia adalah listrik AC 220 volt. Oleh karena itu diperlukan rangkaian pengubah dari listrik dari tegangan listrik AC 220 Volt menjadi tegangan listrik DC 12 Volt. Demikian juga pada pembangkit listrik tenaga matahari atau solar sel yang menghasilkan listrik DC sebesar 24 Volt. Jika beban listrik yang digunakan adalah lampu AC atau TV, Motor Pompa AC 220 Volt, maka dibutuhkan rangkaian elektronika daya untuk mengubah sumber listrik DC 24 Volt menjadi listrik AC 220 Volt.

3. Pengendalian (Controlling)

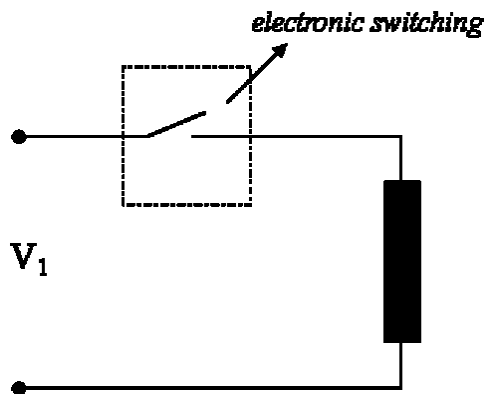
Fungsi ketiga dari peralatan semikonduktor elektronika daya adalah untuk melakukan pengaturan aplikasi elektronika industri sesuai dengan yang diinginkan. Contoh pengaturan adalah pengaturan tegangan, pengaturan arus, pengaturan daya listrik dan pengaturan besaran-besaran lainnya. Dengan melakukan pengaturan besaran listrik akan berpengaruh pada sistem kerja pada sistem yang bekerja di industri seperti kecepatan putaran, tekanan, suhu, kecepatan gerak, dan sistem kerja lainnya.



Gambar 1.9. Pengaturan tegangan dengan pembagi tegangan resistor

Contoh ilustrasi penggunaan aplikasi elektronika daya secara sederhana adalah pada pengaturan tegangan. Gambar di bawah ini merupakan rangkaian pembagi tegangan yang digunakan untuk mengatur tegangan V_2 sesuai dengan yang dibutuhkan. Melalui pengaturan resistor variable (Potensiometer) kita bisa mendapatkan tegangan V_2 sesuai kebutuhan. Cara pengaturan konvensional seperti ini memang sangat mudah tetapi coba lihat rugi-rugi yang dihasilkan. Dengan menggunakan resistor maka akan muncul panas yang besarnya berbanding dengan kuadrat arus (I) dan nilai resistornya.

$$\text{Rugi-rugi panas} = I^2 \cdot R \text{ Watt}$$



Gambar 1.10. Pengaturan tegangan dengan switching

Metode pengaturan lain yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan *switching* (saklar) pada sisi sumber sehingga bisa diatur nilai tegangan keluaran dengan mengatur duty circle (siklus kerja) dari peralatan switching. Dengan metode seperti ini, maka tegangan keluaran dapat diatur tanpa menimbulkan panas karena pada saat tidak digunakan

sumber dimatikan dan sumber akan dihidupkan jika dibutuhkan.

1.5 Contoh Penggunaan Elektronika Daya

Contoh rangkaian elektronika banyak digunakan untuk kepentingan peralatan rumah tangga dan industri. Perangkat elektronika daya banyak digunakan pada peralatan konversi daya listrik yang besar seperti : saluran transmisi daya listrik, jaringan distribusi daya listrik, pengaturan motor listrik secara elektronis di industri, pengatur pemanas air, pengubah daya listrik AC menjadi DC, DC menjadi DC, DC menjadi AC untuk kepentingan pengaturan peralatan di industri, charger baterai pada peralatan industri, dan lain sebagainya.

Dalam kehidupan sehari-hari aplikasi elektronika daya dapat dilihat pada UPS (Uninterruptible Power Supply), peralatan pengubah daya dari listrik DC menjadi listrik AC (inverter), catu daya untuk laptop, notebook dan komputer, pengatur tingkat keterangan lampu, peredup lampu (dimmer), pengatur pemanas, pengatur cahaya, ballast elektronik pada lampu neon, relai-relai elektronik, pemutus tenaga, sistem elektronis dalam mobil dan wahana ruang angkasa. Selain itu aplikasi elektronika daya juga banyak digunakan di industri untuk pengaturan berbagai peralatan industri seperti pengaturan kecepatan putar motor listrik, pengatur kecepatan putar penggerak konveyor, pengatur kecepatan gerak lift, pengatur kecepatan gerak eskalator dengan beban yang berubah-ubah, pengaturan kecepatan aliran fluida gas dan minyak, pengaturan tekanan pada mesin pompa, blower, pengaturan kipas dan lain sebagainya.