

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA dan DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Materi tentang pengisi daya portabel serta pendingin laptop sudah banyak diangkat sebagai judul untuk menyelesaikan studi. Tugas Akhir Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta misalnya, mengangkat judul “*Charger Untuk Baterai Lithium*” (Ares Adhistya, 2010). Tujuan dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah membuat pengisi daya yang mampu mengisi ulang daya baterai *lithium* dengan aman dan dengan metode pengisian yang sesuai.

Tugas Akhir lain dari Mahasiswa Fisika Instrumentasi Universitas Sumatera Utara yang mengangkat judul “Perancangan *Intelligent Power Bank* Sebagai *Charger Handphone* Berbasis Mikrokontroler ATmega8535” (Yomi Syahfitri, 2014). Tujuan yang disampaikan Yomi Syahfitri dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah untuk mempermudah pengguna dalam mengisi ulang daya pada baterai *handphone* ketika tidak terdapat sumber listrik menggunakan *power bank* berbasis mikrokontroler Atmega8535.

Sama halnya dengan Tugas Akhir yang dibuat oleh Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang mengangkat judul “*Automatic Control On Off Coling Pad* dengan Sensor LM35” (Deni Suharyanto, 2014). Pembuatan Tugas Akhir bertujuan agar dapat mempertahankan laptop bekerja dalam rentang suhu normal dan membuat laptop bekerja lebih lama dibandingkan dengan penggunaan *direct cooling pad*.

Judul lain yang digunakan untuk penyelesaian studi di Jurusan Teknik yaitu “Rancang Bangun *Cooling Pad* Laptop Otomatis Dengan Metode Logika *Fuzzy* pada Sistem Pendeteksi Panas.” (Muhammad Jefri, 2015). Pada Tugas Akhir yang dibuat oleh Mahasiswa Teknik Komputer Politeknik Negeri Sriwijaya ini bertujuan untuk membantu pengguna laptop dalam mendinginkan panas suhu laptop karena kinerja laptop yang tinggi.

Pembuatan Tugas Akhir lain yang disusun oleh mahasiswa Teknik Komputer Politeknik Negeri Sriwijaya dengan judul “Meja Monitoring dan Pengatur Suhu Panas Prosesor pada Laptop Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega328.”(Tri Lestari, 2014). Tujuan dari pembuatan alat ini adalah untuk mendeteksi suhu panas prosesor pada sebuah laptop menggunakan sensor suhu LM35 dengan menggunakan sistem pada meja monitoring. Ketika laptop dinyalakan dan diletakan pada meja monitoring maka sensor akan mendeteksi prosesor pada laptop sehingga kipas pendingin akan otomatis berputar.

Dari penelusuran pustaka yang telah dilakukan, khususnya terkait dengan materi pengisi daya portabel serta pendingin laptop, belum ditemukan adanya perancangan alat seperti yang dilakukan dengan Tugas Akhir yang dibuat. Referensi yang ditemukan hanya sekedar memberikan teori singkat tentang pembuatan kipas pendingin yang masih menggunakan bantuan *power supply* untuk memberi daya sebagai penggerak kipas pendingin dan belum mencantumkan kajian ataupun mengenai perancangan *battery bank cooling pad* laptop menggunakan mikrokontroler seperti yang dilakukan dengan Tugas Akhir yang dibuat.

2.2. Dasar Teori

2.2.1 Baterai

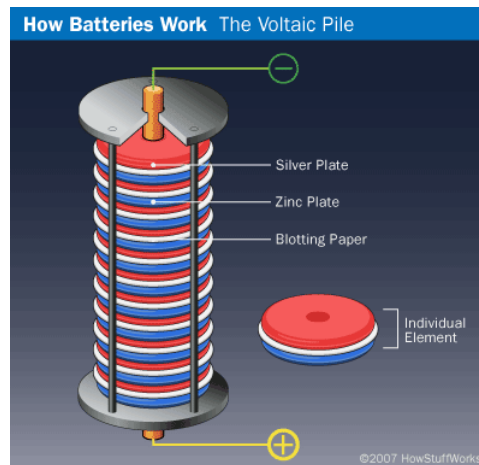
Baterai merupakan suatu media penyimpanan dan penyediaan aliran listrik melalui reaksi kimia (Jubilee Enterprise, 2010). Baterai merupakan suatu alat yang menyediakan tenaga listrik yang praktis dan portabel karena dapat digunakan untuk menghidupkan barang-barang elektronik tanpa menggunakan kabel. Energi kimia yang terdapat didalam baterai dapat dirubah menjadi energi listrik yang dapat digunakan oleh suatu perangkat elektronik. Banyak perangkat elektronik portabel yang menggunakan baterai sebagai sumber listriknya yaitu seperti laptop dan *handphone*. Dengan digunakannya baterai, maka pengguna dapat mengaktifkan perangkat elektronik yang mudah dibawa ke berbagai tempat.

2.2.1.1 Sejarah Singkat Baterai

Penemuan baterai sangat berguna dan memengaruhi perkembangan teknologi. Walaupun baterai mempunyai banyak jenis, namun konsep dasarnya tetap sama. Ketika sebuah perangkat elektronik dapat tersambung dengan baterai, maka terjadilah sebuah reaksi yang menghasilkan energi listrik. Reaksi ini dikenal dengan istilah reaksi elektrokimia. Untuk pertama kali, proses elektrokimia dicetuskan oleh seorang fisikawan dari Italia yang bernama Count Alessandro Volta pada tahun 1799.

Penemuan baterai oleh Alessandro Volta merupakan baterai yang pertama kali diakui oleh dunia. Tumpukan volta dibuat dengan cara menyusun piringan tembaga yang diselingi oleh kertas yang telah dicelup menggunakan larutan H_2SO_4 . Pada tumpukan ini, lempengan tembaga berfungsi sebagai elektroda positif (katoda) sedangkan lempengan seng berfungsi sebagai elektroda negatif (anoda) dan kertas yang telah dibasahi dengan larutan H_2SO_4 bertindak sebagai larutan elektrolit.

Dengan adanya larutan elektrolit ini maka akan menimbulkan arus listrik. Arus listrik yang dihasilkan akan mengalir dari katoda ke anoda, sedangkan elektron yang timbul akan mengalir dengan arah sebaliknya yaitu dari anoda ke katoda. Hal ini dikarenakan sifat elektron yang akan mengalir dari potensial rendah (negatif) menuju potensial tinggi (positif). Namun penemuan dari baterai volta ini, tidak stabil dan dikategorikan sebagai baterai yang berbahaya karena menggunakan H_2SO_4 cair. Perkembangan baterai hingga saat ini sangat pesat karena pada masa ini baterai tersedia dalam beragam ukuran dan berbagai bentuk.



Gambar 2.1. Cara Kerja Baterai

Sumber: http://electronics.howstuffworks.com/everyday_tech/battery1.htm

2.2.1.2 Jenis - Jenis Baterai

Baterai merupakan salah satu media penyimpanan dan penyediaan aliran listrik melalui reaksi kimia. Reaksi kimia yang berlangsung pada umumnya dapat bersifat permanen dan tidak permanen. Dengan sifat demikian, maka jenis baterai dapat dibedakan berdasarkan reaksi kimianya, yaitu sebagai berikut:

1) Baterai Primer (*Single Use*)

Baterai primer merupakan suatu jenis baterai yang hanya dapat digunakan sekali saja dan tidak dapat diisi ulang. Jenis baterai ini banyak digunakan untuk keperluan peralatan elektronik setiap harinya. Baterai primer menggunakan prinsip kerja mengubah reaksi kimia menjadi listrik dengan sifat yang tidak bisa dibalik.

Kelebihan baterai jenis primer, selain penggunaannya praktis juga biasanya harga baterai primer lebih murah dan mudah ditemukan dibandingkan baterai sekunder. Kelemahan dari baterai primer yaitu tidak dapat diisi ulang. Adapun yang termasuk ke dalam jenis baterai primer adalah sebagai berikut:

a) Baterai *Zinc-Carbon* (Seng-Karbon)

Baterai *zinc-carbon* disering disebut sebagai baterai “heavy duty”. Baterai *zinc-carbon* dibuat menggunakan bahan seng yang mempunyai fungsi sebagai pembungkus dari baterai dan sekaligus sebagai terminal negatif. Sedangkan bahan karbon yang berbentuk batang digunakan sebagai terminal positif. Baterai jenis *zinc-carbon* merupakan jenis baterai yang relatif murah dibandingkan dengan jenis lainnya.



Gambar 2.2. Baterai *Zinc Carbon*

Sumber: <http://www.batteryjunction.com/energizer-1212.html>

b) Baterai *Alkaline* (Alkali)

Baterai alkali ini memiliki daya tahan yang lebih lama dengan harga yang lebih mahal dibanding dengan baterai *zinc-carbon*. Elektrolit yang terkandung didalamnya yaitu *potassium hydroxide* yang merupakan unsur alkali sehingga namanya juga sering disebut dengan baterai *alkaline*. Saat ini, banyak baterai yang menggunakan *alkaline* sebagai elektrolit, namun untuk elektroda yang dipakai menggunakan bahan aktif lain.



Gambar 2.3. Baterai *Alkaline*

Sumber: <http://www.batteryspace.com/alkalinebatteryenergizer2pcsaabatterynonrechargeable.aspx>

c) Baterai *Lithium*

Baterai primer *lithium* ini mempunyai kinerja yang lebih baik dibanding jenis-jenis baterai primer lainnya. Ini dapat dilihat ketika penyimpanan baterai dapat bertahan dalam kurun waktu lebih dari 10 tahun serta dapat bekerja pada suhu yang rendah. Keunggulan yang dimiliki oleh baterai *lithium* ini membuat baterai dengan jenis ini dipergunakan untuk aplikasi *memory backup* pada mikrokomputer dan juga jam tangan. Baterai *lithium* mempunyai bentuk yang beragam namun biasanya dibuat dalam bentuk batang maupun dalam bentuk uang logam.



Gambar 2.4. Baterai *Lithium*

Sumber: <http://www.batteryspace.com/primary-lithium-battery-energizer>.

d) Baterai *Silver Oxide*

Baterai *silver oxide* merupakan jenis baterai yang dapat dikategorikan sebagai baterai dengan harga yang mahal karena harga perak yang digunakan untuk pembuatan jenis baterai ini juga tinggi. Baterai *silver oxide* ini mempunyai bentuk yang kecil namun baterai jenis ini dapat menghasilkan energi yang tinggi. Baterai jenis *silver oxide* dibuat dalam dalam bentuk baterai koin atau juga dapat disebut sebagai baterai kancing. Baterai jenis *silver oxide* ini dapat diaplikasikan untuk penggunaan jam tangan maupun kalkulator.



Gambar 2.5. Baterai Silver Oxide

Sumber: <http://www.ebay.com/itm/1-Sony-389-SR1130W-AG10-Watch-Battery-Silver-Oxide-Made-in-Japan-/181168665493>

2) Baterai Sekunder (*Rechargeable*)

Baterai sekunder merupakan suatu jenis baterai yang dapat diisi ulang atau *rechargeable battery*. Cara kerja pada baterai ini menghasilkan energi listrik sama seperti baterai primer namun yang membedakan adalah reaksi kimia yang dapat dibalik pada baterai ini. Ketika baterai dihubungkan ke beban pada terminal baterai atau *discharge*, elektron akan mengalir dari kutub negatif ke kutub positif. Sedangkan ketika pengisian daya dihubungkan ke baterai maka elektron akan mengalir dari kutub positif ke kutub negatif sehingga pengisian muatan pada baterai akan terjadi.

Kelebihan dari baterai sekunder yaitu antara lain yaitu reaksi kimia yang terdapat dalam baterai dapat dibalik sehingga dapat diisi ulang, energi dari baterai sekunder biasanya lebih besar dibandingkan baterai primer dan lebih ekonomis jika dihitung penggunaannya dalam jangka panjang. Sedangkan kelemahan yang dimiliki oleh baterai sekunder antara lain adalah selain harga baterai lebih mahal dibanding dengan baterai primer, baterai sekunder juga membutuhkan alat lain yaitu *charger* untuk dapat mengisi ulang. Adapun yang termasuk dalam jenis baterai sekunder, antara lain yaitu:

a) Baterai Ni-Cd (Nickel-Cadmium)

Baterai Ni-Cd merupakan suatu jenis baterai sekunder yang menggunakan *nickel oxide hydroxide* dan *metallic cadmium* sebagai bahan elektrolitnya. Kelebihan dari baterai Ni-Cd yaitu dapat beroperasi dengan suhu yang luas dan mempunyai siklus daya yang tahan lama. Kekurangan dari baterai Ni-Cd yaitu dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan karena baterai Ni-Cd mengandung *carcinogenic cadmium*, sehingga penggunaan dan penjualan baterai Ni-Cd dalam perangkat portabel konsumen telah dilarang.



Gambar 2.6. Baterai Ni-Cd

Sumber: <https://www.alibaba.com/showroom/ni--cd-aa-700ma9.6v.html>

b) Baterai Ni-MH (Nickel-Metal Hydride)

Baterai Ni-MH mempunyai keunggulan yang sama seperti baterai Ni-Cd. Keunggulan lain dari baterai Ni-MH yaitu memiliki kapasitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan baterai Ni-Cd serta tidak mengandung zat *cadmium*. Penggunaan baterai Ni-MH dapat menghemat biaya karena baterai ini dapat diisi ulang hingga ratusan kali dan juga dapat melakukan *self-discharge* setiap bulan ketika tidak digunakan.



Gambar 2.7. Baterai Ni-MH

Sumber: <http://www.conrad.com/ce/en/product/251502/Energizer-Rechargeable-AA-Battery-x4-pcs-NiMH-12V>

c) Baterai Li-Ion (*Lithium-Ion*)

Baterai jenis Li-Ion merupakan jenis baterai yang banyak digunakan pada peralatan elektronika portabel seperti kamera digital maupun *handphone*. Keunggulan dari baterai Li-Ion yaitu memiliki daya tahan siklus yang tinggi dan kapasitas yang tinggi dibandingkan dengan baterai Ni-MH.

Baterai Li-Ion tidak mengandung zat *cadmium* namun tetap mengandung sedikit zat berbahaya yang dapat merusak kesehatan manusia serta lingkungan hidup, sehingga perlu dilakukan daur ulang terhadap baterai ini dan tidak boleh dibuang di sembarang tempat.



Gambar 2.8. Baterai Li-Ion

Sumber: <http://www.schillers.com/shop/battery-packs/nikon-en-el14-rechargeable-lithium-battery/>

2.2.2. Laptop

Laptop adalah komputer, tapi bentuknya kompak, kecil ringan dan mudah dibawa kemana saja. Laptop disebut sebagai komputer jinjing karena mudah dijinjing atau dibawa saat bepergian. Kata laptop muncul karena dahulu orang sering memangku laptop disaat menggunakannya. Kata "lap" berasal dari bahasa Inggris yang artinya adalah pangkuan atau memangku (Eko H Setiyanto dan Smitdev Community, 2009)

Laptop atau komputer jinjing merupakan komputer yang dapat dibawa dengan mudah karena berukuran relatif kecil serta ringan dan beratnya mencapai 1 hingga 6 kg yang tergantung pada jenis, ukuran, bahan, serta spesifikasi dari laptop itu sendiri. Laptop didesain menggunakan layar LCD / *Liquid Crystal Display* berukuran 10 inci hingga 17 inci yang dilengkapi papan ketik dan juga dengan papan sentuh yang berfungsi sebagai pengganti *mouse*.

Berbeda dengan komputer desktop, laptop memiliki komponen pendukung yang didesain secara khusus untuk mengakomodasi sifat komputer jinjing yang portabel. Sifat utama yang dimiliki oleh komponen

penyusun laptop adalah ukuran yang kecil, hemat konsumsi energi, dan efisien, sehingga laptop didesain untuk pemakaian *mobile* serta cukup ringan untuk duduk di pangkuan saat tengah dipakai oleh pengguna.

Komponen pada laptop dibedakan menjadi *hardware* (perangkat keras) dan juga *software* (perangkat lunak). Perangkat keras pada laptop terdiri dari 4 komponen utama, yaitu *input* (masukan), *CPU* (piranti pemrosesan), *output* (keluaran), *storage* (media penyimpanan). Letak *input* dan *output* berada pada sisi *cassing* laptop yang biasa disebut *peripheral*, sedangkan letak CPU dan *storage* berada pada didalam *cassing* laptop. Sebagian besar, perangkat laptop tidak dapat di *upgrade*, ditambah ataupun dikurangi kecuali *harddisk* dan RAM. Berikut merupakan komponen yang terdapat pada laptop:

1) I/O (*Input Output*)

I/O (*Input Output*) merupakan piranti yang juga terdapat didalam laptop. Macam macam perangkat I/O pada laptop yaitu *keyboard* yang berfungsi sebagai *input* tentang karakter dan fungsi - fungsi tertentu, *touch pad* yang mempunyai fungsi sebagai pengganti *mouse*, USB yang mempunyai fungsi sebagai port masukan *flash disk*, *printer bluetooth* serta terdapat layar LCD yang berfungsi sebagai piranti keluaran pada laptop untuk menampilkan pencitraan objek dalam berinteraksi dengan pengguna.

2) RAM (Random Access Memory)

RAM berfungsi untuk menyimpan data yang bersifat sementara yang selanjutnya diproses oleh prosesor yang akan menghilang ketika tidak terdapat arus listrik.

3) CPU (Central Processing Unit)

CPU merupakan piranti pemrosesan yang terdiri dari prosesor dan juga *chipset* dan berada didalam *motherboard*. CPU mempunyai fungsi sebagai pengolah informasi yang berasal dari piranti masukan menjadi data keluaran sehingga dapat dibaca oleh pengguna.

2.2.3. *Cooling Pad*

Penggunaan laptop yang tidak tepat akan membuat laptop mudah menjadi panas. Terlebih ketika laptop bekerja terlalu keras maka akan menyebabkan panas berlebih yang dapat mengganggu kinerja sistem. Terdapat banyak faktor yang menyebabkan laptop mudah panas antara lain; karena penggunaan atau peletakan ditempat yang salah, sirkulasi udara yang kurang baik atau bahkan tidak sesuai dengan suhu laptop ,serta penggunaan laptop ketika melakukan pengisian ulang daya. Salah satu cara mengurangi panas berlebih pada laptop adalah dengan menggunakan kipas pendingin atau *cooling pad*.

Colling pad merupakan bantalan kipas yang digunakan untuk mendinginkan daerah di bawah laptop serta mengangkat laptop dari permukaan meja untuk memberikan aliran udara di bawahnya. (Sharry Kinkoph Gunter, 2013). *Cooling pad* adalah perangkat pendingin atau penjaga suhu laptop agar laptop tidak panas yang terdiri dari berisi beberapa sistem kipas. Kipas tersebut akan memutar sehingga menimbulkan angin yang akan membuat laptop terhindar dari panas berlebih. Hembusan angin segar dari kipas ini digunakan sebagai pendingin dibagian bawah laptop sehingga laptop dapat bekerja pada suhu yang stabil. Penemu dan perancang pertama *cooling pad* untuk laptop adalah Rakesh Bhatia. Orang yang lahir di India ini merancang untuk Intel Corporation dan mengajukan hak paten pada tanggal 8 Januari 1999.

Fungsi *Cooling pad* yang paling utama adalah untuk menstabilkan dan mendinginkan laptop saat berada di permukaan kerja. Sehingga *cooling pad* ini dapat mencegah laptop dari *overheating* ketika laptop sedang beroperasi. Dalam pemakaian *cooling pad* juga perlu memperhatikan bentuk dan jenis laptop yang digunakan karena letak lubang ventilasi laptop berbeda beda. Ada beberapa macam *cooling pad* yang digunakan untuk mendinginkan laptop, yaitu sebagai berikut:

1) *Active Cooler*

Active cooler merupakan metode pendingin pada laptop yang menggunakan kipas atau cairan untuk dapat memindahkan panas secara cepat. Biasanya pendingin aktif menggunakan adaptor untuk dapat langsung memakai daya dari USB port laptop.

2) *Passive Cooler*

Passive cooler merupakan pendinginan yang menggunakan bahan-bahan penghantar panas untuk memindahkan panas atau meningkatkan aliran udara panas secara pasif (tidak memerlukan daya). Pendingin pasif biasanya berbentuk alas yang diisi dengan garam organik sehingga dapat menyerap panas dari laptop.

3) *Multi-surface Cooler*

Multi-surface cooler merupakan jenis pendingin pasif yang memungkinkan aliran udara lebih baik antara dasar laptop dan pangkal pendingin serta antara pangkal pendingin dengan pangkuan pengguna. Pendingin laptop ini cocok untuk laptop yang memiliki ventilasi pada alasnya.

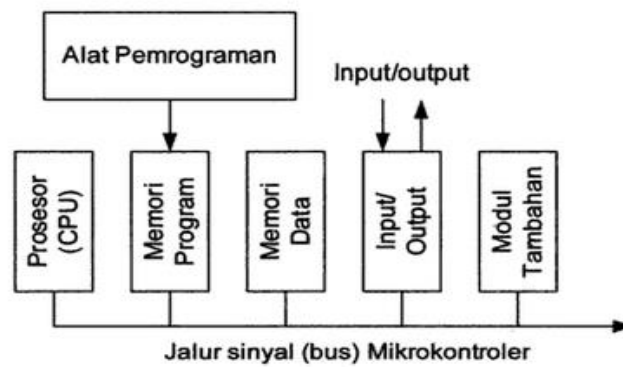
Biasanya *cooling pad* mempunyai bahan dasar berupa plastik ataupun logam. Namun, *cooling pad* yang permukaannya berbahan dasar logam lebih baik digunakan karena logam terbukti dapat menghantarkan induksi panas atau dapat menyerap panas lebih baik daripada plastik.

2.2.4. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah alat pengendali yang berukuran mikro atau kecil yang dikemas dalam bentuk *chip*. (Dian Artanto, 2009). Sebuah mikrokontroler pada dasarnya bekerja seperti sebuah mikroprosesor pada komputer. Keduanya memiliki sebuah CPU yang menjalankan intruksi program, melakukan logika dasar dan juga pemindahan data. Namun agar dapat digunakan sebuah mikroprosesor memerlukan tambahan komponen

memori untuk menyimpan program data dan juga *interface input output* untuk dapat berhubungan dunia luar.

Sebuah mikrokontroler telah memiliki memori dan *interface input output* didalamnya bahkan beberapa mikrokontroler memiliki unit ADC yang dapat menerima masukan sinyal analog secara langsung. Karena berukuran kecil, murah dan menyerap daya yang rendah, mikrokontroler merupakan alat kontrol yang tepat untuk digunakan pada berbagai peralatan elektronika. Sebuah mikrokontroler umumnya memiliki komponen sebagai berikut:



Gambar 2.9. Komponen Mikrontroler

Sumber: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-ab&q=arsitektur+mikrokontroler&tbm=isch&tbs=simg>

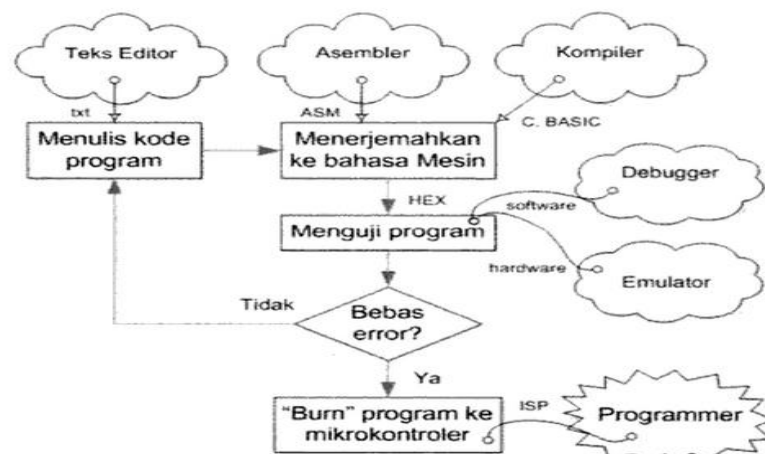
Dengan keterangan sebagai berikut:

- 1) Prosesor/ CPU mempunyai fungsi untuk menjalankan fungsi logika dan aritmetika mengikuti instruksi yang dibaca dari memori program. Prosesor ini juga akan membaca dan menuliskan data ke memori data dan ke modul I/O.
- 2) Memori program mempunyai fungsi sebagai penyimpan instruksi yang akan dibaca oleh prosesor. Prosesor hanya dapat membaca namun tidak dapat menulis data pada memori program ini. Hanya alat pemrograman yang dapat menuliskan data ke memori. Data yang terdapat pada memori ini akan tetap tersimpan meskipun tidak terhubung dengan sumber listrik.
- 3) Memori data mempunyai fungsi sebagai penyimpan data serta variabel yang digunakan oleh prosesor. Prosesor dapat membaca maupun

menuliskan datanya kedalam memori data ini. Namun ketika tidak mendapat daya listrik data yang terdapat dalam memori ini akan menghilang.

- 4) Alat pemrograman digunakan sebagai instruksi masukan atau program ke dalam memori program mikrokontroler
- 5) *Input/Output* berfungsi sebagai penghubung antara mikrokontroler dengan piranti luar yang dihubungkan pada port mikrokontroler.
- 6) Modul tambahan yang disediakan oleh mikrokontroler yaitu *timer counter*, *ADC*, *comparator*, *PWM*, *I2C*, *SPI*.

Agar mikrokontroler dapat bekerja maka mikrokontroler harus diprogram terlebih dahulu. Berikut merupakan diagram siklus pemrograman mikrokontroler. Berikut ini terdapat enam fungsi yang ikut berperan dalam siklus pemrograman mikrokontroler yaitu:



Gambar 2.10. Siklus Pemrograman Mikrokontroler

Sumber: <https://www.google.com/search?q=gambar+siklus+pemrograman+mikrokontroler>.

Editor mempunyai tugas sebagai media untuk menuliskan program dalam bahasa yang mudah dipahami. Assembler dan kompilator bertugas sebagai penerjemah kode program tersebut dan menerjemahkannya kedalam bahasa mesin (file hex). Debugger mempunyai tugas sebagai pemeriksa program tersebut secara *software*. Emulator mempunyai tugas

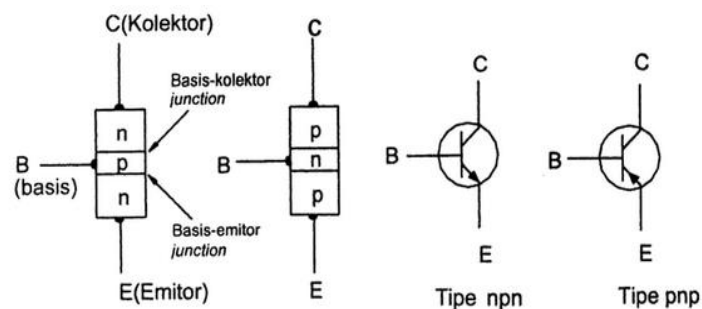
untuk mensimulasikan hasil program tersebut secara *hardware*. Apabila terdapat kesalahan yang ditemukan, maka siklus akan kembali diulang untuk terus dapat memperbaiki program. Bila program telah benar maka program tersebut akan dimasukan kedalam mikrokontroler menggunakan sebuah programmer.

2.2.5. Transistor

Transistor merupakan komponen elektronika yang terbuat dari bahan semikonduktor dengan susunan p-n junction (Zuhal dan Zhanggischan, 2004). Jenis transistor biasanya terbagi atas dua jenis saja yaitu jenis transistor bipolar atau dua kutub dan transistor uni polar atau efek medan yang dikenal sebagai *Field Effect Transistor* (FET).

2.2.5.1. Transistor Bipolar

Transistor bipolar merupakan transistor yang memiliki dua buah persambungan kutub. Sedangkan jenis transistor bipolar terbagi lagi atas tiga bagian lapisan material semikonduktor yang kemudian akan membedakan transistor bipolar kedalam dua jenis yaitu transistor P-N-P (Positif-Negatif-Positif) dan transistor N-P-N (Negatif-Positif-Negatif). Kaki kaki dari jenis transistor ini memiliki nama B yang artinya basis, K yang artinya kolektor serta E yang artinya emitor. Fungsi transistor bipolar yaitu sebagai regulator arus listrik.

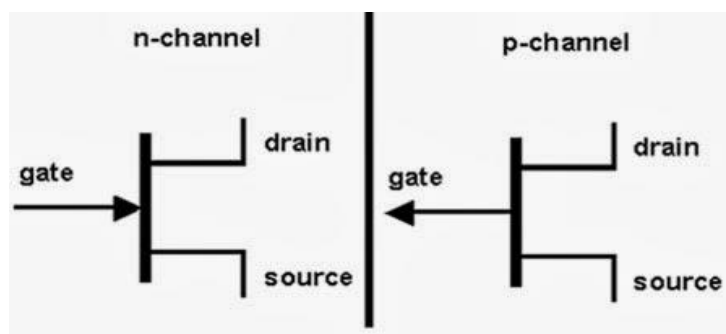


Gambar 2.11. Transistor Bipolar

Sumber: <http://fatonielektronika.weebly.com/modul-elektronika.html>

2.2.5.2. Transistor Unipolar (FET)

Field Effect Transistor (FET) merupakan suatu jenis transistor yang akan menghantar bila diberikan tegangan (jadi bukan arus). kaki-kaki pada transistor ini diberi nama *gate* (G), *drain* (D) dan *source* (S).



Gambar 2.12. Transistor Unipolar

Sumber: http://iiaam.blogdetik.com/2012/10/26/aboutstransistor/e61432798df986a3d9f3dba34fa4ba7_pnp/

Field effect (efek medan listrik) berasal dari prinsip kerja transistor yang berkenaan dengan lapisan deplesi (depletion layer). Lapisan deplesi ini terbentuk antara semikonduktor tipe P dan tipe N, karena bergabungnya elektron dan lubang di sekitar daerah perbatasan. Sama seperti halnya medan listrik, lapisan deplesi ini bisa membesar atau mengecil tergantung dari tegangan antara *gate* dengan *source*. FET terdiri dari beberapa jenis lagi dimana salah satu jenisnya yaitu *Metal Oxide Semiconductor* FET (MOSFET).

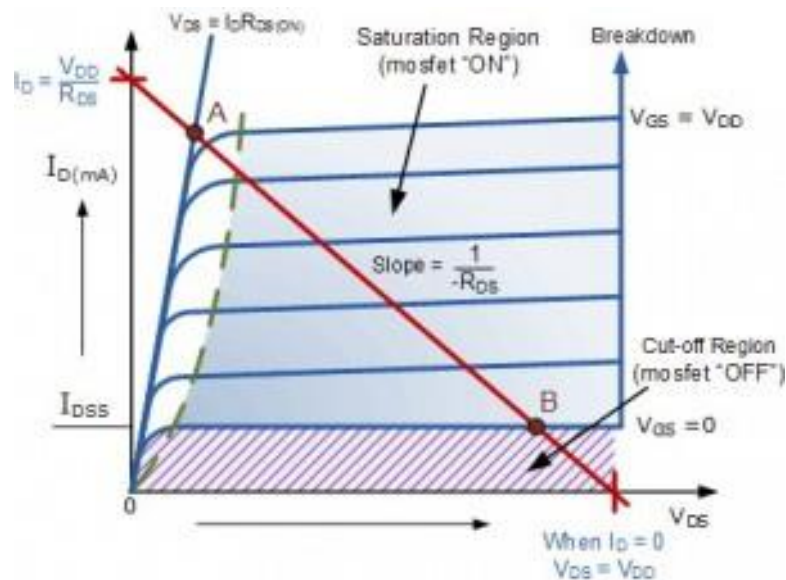
Metal Oxide Semiconductor FET (MOSFET) merupakan suatu jenis FET yang mempunyai *drain*, *source* dan *gate* dimana *gate* pada MOSFET terisolasi oleh suatu bahan oksida. MOSFET mempunyai masukan impedansi yang sangat tinggi. MOSFET biasanya digunakan sebagai RF *amplifier* pada *receiver* untuk memperoleh amplifikasi yang tinggi namun dengan *noise* yang rendah. Karena *gate* pada MOSFET jenis ini terisolasi maka dapat juga disebut dengan nama IGFET (*insulated-gate* FET)

	Formal symbols	Commonly-used symbols
NMOS		
PMOS		

Gambar 2.13. Simbol MOSFET

Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id/MOSFET-sebagai-saklar/>

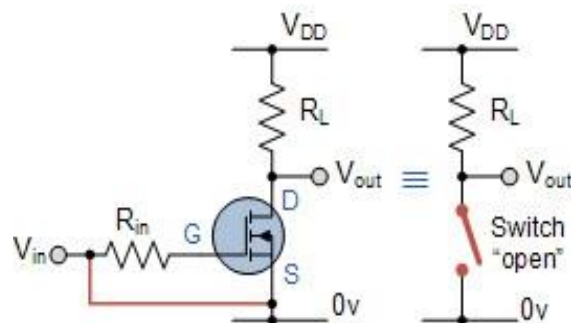
Biasanya, MOSFET diaplikasikan sebagai saklar. Untuk membuat MOSFET sebagai saklar maka digunakan ketika MOSFET pada kondisi saturasi (ON) dan kondisi *cut-off* (OFF). Berikut merupakan kurva karakteristik dari MOSFET yang ditunjukkan pada gambar 2.14:



Gambar 2.14. Karakteristik MOSFET

Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id/MOSFET-sebagai-saklar/>

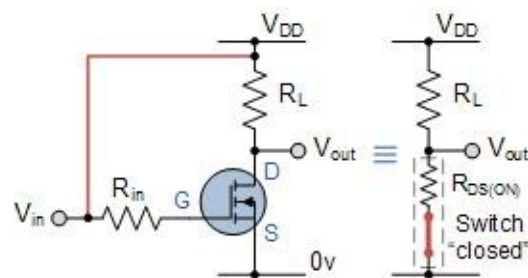
1) Daerah Cut-Off (MOSFET OFF)

Gambar 2.15. Daerah *Cutt Off* MOSFET

Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id/MOSFET-sebagai-saklar/>

Pada daerah *cut-off* MOSFET tidak mendapat tegangan *input* sehingga ($V_{in} = 0 \text{ V}$). Pada kondisi ini tidak ada arus *drain* (I_d) yang mengalir. Pada kondisi ini juga akan membuat tegangan $V_{ds} = V_{dd}$. Dengan beberapa kondisi diatas maka pada daerah *cut-off* ini MOSFET dikatakan *off*. Kondisi *cut-off* ini didapat dengan cara menghubungkan jalur *input* ke *ground*, sehingga tidak ada tegangan *input* yang masuk ke dalam rangkaian saklar MOSFET.

2) Wilayah Saturasi (MOSFET On)



Gambar 2.16. Daerah Saturasi MOSFET

Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id/MOSFET-sebagai-saklar/>

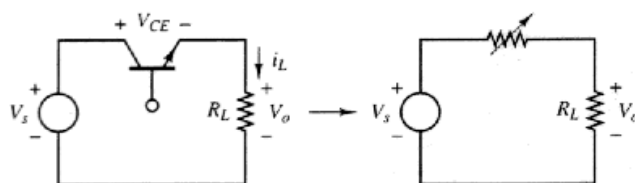
Pada daerah saturasi MOSFET mendapatkan bias *input* (V_{gs}) secara maksimal sehingga arus *drain* pada MOSFET juga akan maksimal dan membuat tegangan $V_{ds} = 0 \text{ V}$. Pada kondisi saturasi ini MOSFET dapat dikatakan dalam kondisi *on* secara penuh.

2.2.6. Pengubah Daya DC-DC (Konverter DC DC)

Konverter arus searah ke arus searah (Konverter DC DC) adalah suatu sistem pengubah sekaligus pengendali motor arus searah (Yakop Lilikwatil, 2014). Secara umum, konverter DC-DC mempunyai fungsi untuk mengkonversikan daya listrik searah ke bentuk daya listrik searah lainnya yang terkontrol arus, atau tegangan, atau dua-duanya yang dapat divariasikan berdasarkan perubahan *duty cycle* rangkaian kontrolnya. Sumber tegangan DC dari konverter DC-DC dapat diperoleh dari baterai. Secara garis besar, konverter DC-DC dibagi menjadi 2 macam yaitu sebagai berikut:

2.2.6.1. Konverter DC-DC Tipe Linier

Pada tipe linier, pengaturan tegangan keluaran dicapai dengan menyesuaikan arus pada beban yang besarnya tergantung dari besarnya arus pada basis transistor. Dengan demikian pada tipe linier, fungsi transistor menyerupai tahanan yang dapat diubah ubah besarnya. Transistor yang digunakan hanya dapat dioperasikan pada batasan liniernya dan tidak melebihi batasan *cut-off* dan daerah saturasi. Tipe linier merupakan cara termudah untuk mencapai tegangan keluaran yang bervariasi. Namun efisiensi dari konverter DC DC tipe ini rendah karena daya yang hilang tinggi. Berikut ini merupakan gambar dari konverter DC-DC tipe linier:



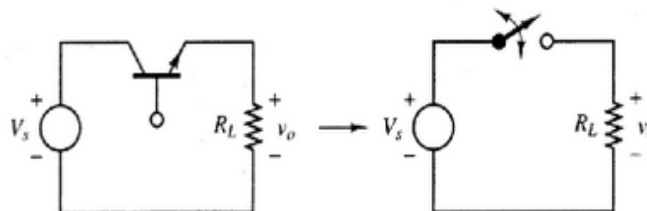
Gambar 2.17. Gambar Konverter DC DC Tipe Linier

Sumber: <http://www.elektroindonesia.com/elektro/elek25.html>

2.2.6.2. Konverter DC-DC Tipe Peralihan (Switching)

Pada tipe peralihan, terlihat fungsi transistor sebagai saklar yang dapat dibuka (off) ataupun ditutup (on). Dengan asumsi bahwa saklar tersebut ideal, jika saklar ditutup maka tegangan keluaran akan sama dengan

tegangan masukan, sedangkan jika saklar dibuka maka tegangan keluaran akan menjadi nol.



Gambar 2.18. Konverter DC DC Tipe Peralihan

Sumber: <http://www.elektroindonesia.com/elektro/elek25.html>

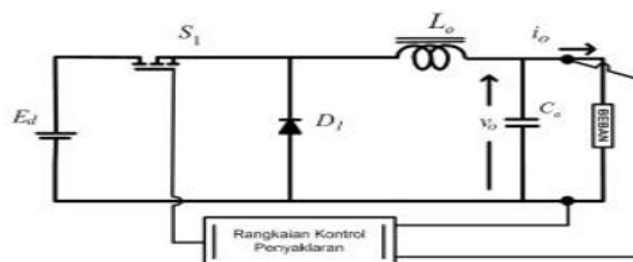
Konverter DC-DC penyediaan tegangan keluaran DC yang bervariasi besarnya sesuai dengan permintaan pada beban. Daya masukan dari proses DC-DC tersebut adalah berasal dari sumber daya DC yang biasanya memiliki tegangan masukan yang tetap. Pada dasarnya, penghasilan tegangan keluaran DC yang ingin dicapai adalah dengan cara pengaturan lamanya waktu penghubungan antara sisi keluaran dan sisi masukan pada rangkaian yang sama. Komponen yang digunakan untuk menjalankan fungsi penghubung tersebut tidak lain adalah *switch* (solid state electronic switch) seperti misalnya *Thyristor*, MOSFET, IGBT, GTO.

Secara umum ada dua fungsi pengoperasian dari konverter DC dengan tipe peralihan ini yaitu menaikkan tegangan keluaran, sehingga akan membuat tegangan keluaran menjadi lebih besar dari pada tegangan masukan dan menurunkan tegangan sehingga akan membuat tegangan keluaran lebih kecil dibandingkan dengan tegangan masukannya. Berikut ini merupakan beberapa macam topologi dari konverter DC-DC tipe peralihan yaitu:

1) Topologi Penurun Tegangan (*Buck Converter*)

Konverter DC jenis penurun tegangan merupakan sebuah topologi yang digunakan untuk menurunkan tegangan. Konverter DC ini menurunkan tegangan masukan DC menjadi keluaran DC yang lebih rendah. Komponen penyusun konverter DC DC dibawah ini terdiri dari satu saklar aktif (MOSFET), satu saklar pasif (dioda), kapasitor dan juga

digunakan induktor sebagai tapis keluarannya. Contoh dari konverter DC DC penurun tegangan yaitu konverter DC DC dengan IC MP1584EN , IC LM3854 dan IC LM3850. Berikut merupakan gambar rangkaian dari konverter DC-DC tipe penurun tegangan:



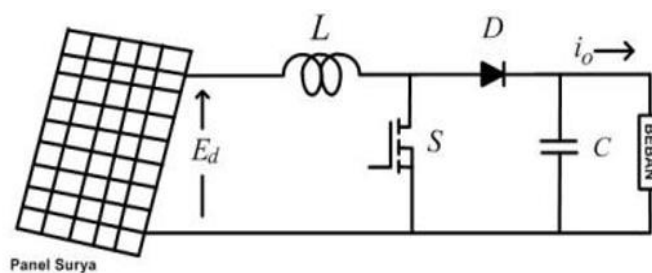
Gambar 2.19. Konverter DC DC Penurun Tegangan

Sumber: <http://www.elektroindonesia.com/elektro/elek25.html>

Konverter DC DC tipe penurun tegangan dengan IC MP1584 ini mempunyai tegangan masukan antara 4,5 V hingga 28 V DC yang nantinya dapat mengubah menjadi tegangan keluaran yang lebih rendah yaitu antara 0,8 V hingga 25 V DC. Besarnya arus puncak pada IC MP1584 adalah sebesar 3 A dengan pemakaian yang berkesinambungan tidak melebihi 2 A. Modul konverter DC dengan IC MP1584 ini dapat mengatur tegangan keluaran yang diinginkan dengan cara memutar sekrup potensiometer.

2) Topologi Penaik Tegangan (Konverter DC Penaik Tegangan)

Konverter DC tipe penaik tegangan merupakan sebuah topologi yang mempunyai fungsi sebagai penaik tegangan keluaran. Jadi konverter DC tipe penaik tegangan berfungsi untuk menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dibanding tegangan masukannya. Konverter ini banyak diaplikasikan untuk pembangkit listrik tenaga surya maupun turbin angin. Contoh dari konverter DC DC penaik tegangan yaitu DC DC dengan IC XL6009 dan IC LM2621. Berikut merupakan gambar rangkaian dari konverter DC-DC penaik tegangan:



Gambar 2.20. Konverter DC DC Penaik Tegangan

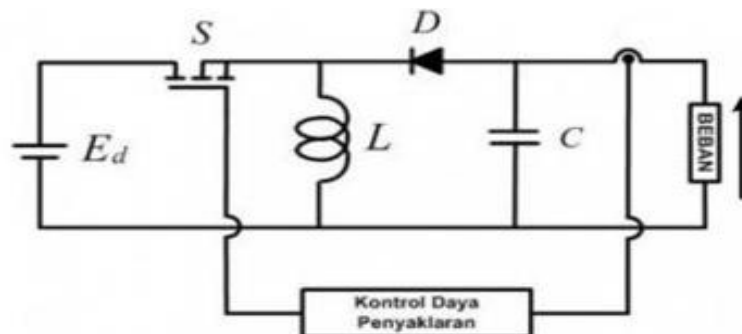
Sumber: <http://www.elektroindonesia.com/elektro/elek25.html>

Konverter DC tipe penaik tegangan dengan IC XL6009 ini mempunyai tegangan masukan antara 3,2 V hingga 32 V DC yang nantinya dapat mengubah menjadi tegangan keluaran yang lebih tinggi yaitu antara 4 V hingga 38 V DC. Besarnya arus berkelanjutan pada modul ini adalah sebesar 1,5 A dengan arus puncak sebesar 4A. Modul konverter DC tipe penaik tegangan IC XL6009 ini dapat mengatur tegangan keluaran yang diinginkan dengan cara memutar sekrup potensiometer dengan catatan bahwa perbedaan tegangan masukan dan keluaran yaitu sebesar 1,5 V.

3) Topologi Penurun-Penaik Tegangan (Konverter DC Penaik-Penurun Tegangan)

Konverter DC penaik-penurun tegangan dapat digunakan untuk menaikkan ataupun menurunkan tegangan sumber. Jadi tegangan *output* yang dihasilkan oleh konverter DC penaik-penurun tegangan dapat lebih tinggi ataupun dapat lebih rendah dari tegangan masukannya. Rangkaian kontrol daya penyaklaran akan memberikan sinyal kepada MOSFET. Jika MOSFET mati maka arus akan mengalir ke induktor, energi yang tersimpan di induktor akan naik. Saat saklar MOSFET dalam kondisi hidup 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 atau beban bisa lebih tinggi maupun lebih rendah

daripada tegangan sumbernya. Berikut merupakan gambar rangkaian dari konverter DC-DC tipe penurun-penaik tegangan :



Gambar 2.21. Konverter DC-DC Penurun-Penaik Tegangan

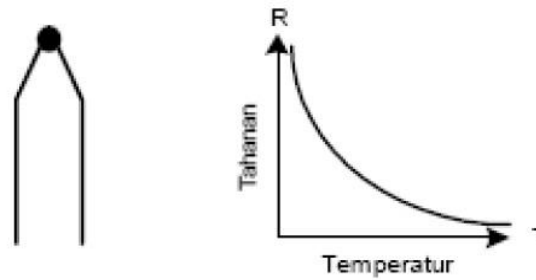
Sumber: <http://www.elektroindonesia.com/elektro/elek25.html>

2.2.7. Sensor Suhu

Sensor suhu adalah komponen elektronika baik aktif maupun pasif yang dapat merespon perubahan suhu disekitar komponen tersebut dan menghasilkan perubahan elektrik sesuai dengan perubahan suhu yang direspon oleh komponen tersebut. Terdapat beberapa jenis sensor suhu yang umum digunakan yaitu *Thermocouple* (T/C), *Resistance Temperature Derector* (RTD), *Thermistor* dan IC sensor. (Priyo Jatmiko, 2015).

2.2.7.1. *Thermocouple* (T/C)

Pada intinya, *Thermocouple* terdiri dari sepasang transduser panas dan dingin yang disambungkan dan dilebur bersama, dimana ketika terdapat perbedaan yang timbul antara sambungan tersebut dengan sambungan referensi maka akan menimbulkan perbandingan. Berikut merupakan simbol dari *Thermocouple* serta kurva karakteristik *Thermocouple*:



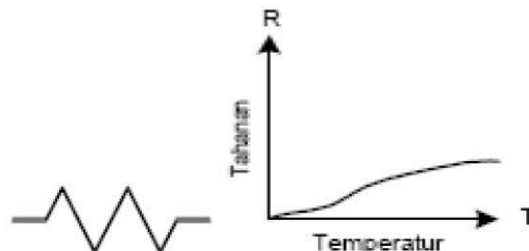
Gambar 2.22. *Thermocouple* dan Kurva Karakteristik *Thermocouple*

Sumber: <http://zoniaelektro.net/sensor-suhu/>

Kelebihan dari *Thermocouple*, yaitu *self powered*, sederhana, murah, bentuknya bermacam macam, dan juga mempunyai rentang suhu yang luas. Sedangkan kekurangan *Thermocouple* yaitu tidak linier, tegangan *output* rendah, memerlukan tegangan referensi, kurang stabil, kurang sensitif.

2.2.7.2. *Resistance Temperature Detector* (RTD)

Resistance Temperature Detector (RTD) memiliki prinsip dasar pada tahanan listrik dari logam yang bervariasi sebanding dengan suhu. Persamaan perbandingan variasi ini adalah tingkat presisi dengan tingkat konsistensi yang tinggi pada pendeteksian tahanan. Platina adalah bahan yang sering digunakan karena memiliki tahanan suhu, kelinearan, dan stabilitas yang baik. Berikut merupakan simbol dari RTD serta kurva karakteristik RTD:



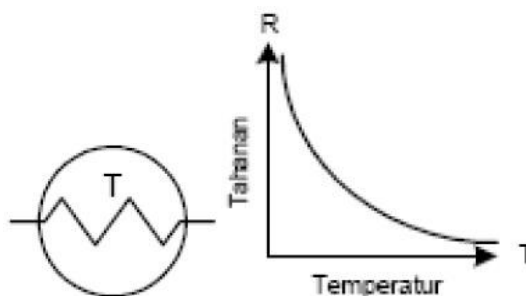
Gambar 2.23. *Resistance Temperature Detector*

Sumber: <http://zoniaelektro.net/sensor-suhu/>

Kelebihan *Resistance Temperature Detector* yaitu memiliki stabilitas kerja yang tinggi, memiliki akurasi pengukuran yang tinggi, lebih linier dari pada *Thermocouple*. Namun, RTD memiliki beberapa kekurangan yaitu mahal, memerlukan supply daya, mempunyai resistansi rendah, serta memiliki tahanan absolut yang rendah.

2.2.7.3. *Thermistor*

Thermistor merupakan sebuah resistor yang peka terhadap panas yang biasanya mempunyai koefisien suhu negatif, karena ketika suhu meningkat maka tahanan menurun atau sebaliknya. Jenis ini sangat peka terhadap perubahan tahanan 5% per °C sehingga mampu mendeteksi perubahan suhu yang kecil. Berikut merupakan simbol serta kurva karakteristik dari *Thermistor*:



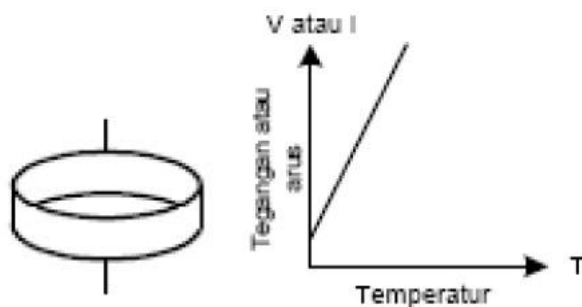
Gambar 2.24. Simbol dan Kurva *Thermistor*

Sumber: <http://zoniaelektro.net/sensor-suhu/>

Kelebihan dari *Thermistor* yaitu selain perubahan level *output* yang tinggi, *Thermistor* juga memiliki respon yang cepat terhadap perubahan suhu. Sedangkan kekurangan dari *Thermistor*, yaitu selain tidak linier, *Thermistor* memiliki rentang pengukuran suhu yang sempit, mudah rusak, dan memerlukan suplai daya.

2.2.7.4. IC Sensor Suhu

IC Sensor adalah sensor suhu dengan rangkaian terpadu yang menggunakan chipsilikon untuk kelemahan penginderanya. Mempunyai konfigurasi *output* tegangan dan arus yang sangat linear. Berikut merupakan simbol serta kurva karakteristik dari IC Sensor:



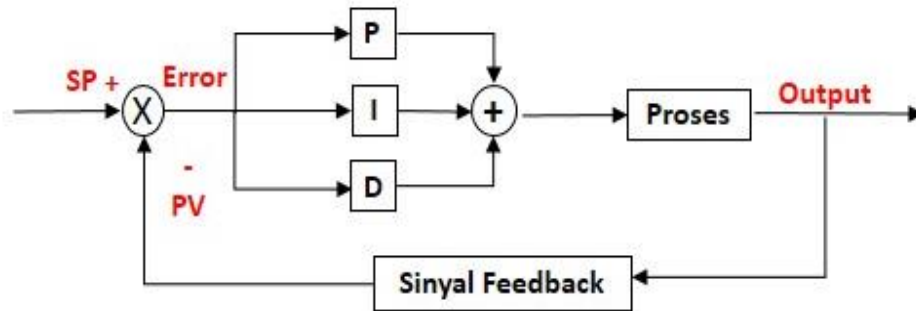
Gambar 2.25. Sensor Suhu

Sumber: <http://zoniaelektro.net/sensor-suhu/>

Kelebihan IC sensor suhu yaitu mempunyai *output* yang paling linier, dapat mengubah level *output* yang tinggi dan juga harganya murah. Sedangkan kekurangan IC sensor suhu yaitu mempunyai temperatur kerja dibawah 200°C ($t < 200^{\circ}\text{C}$), membutuhkan suplai daya, mempunyai respon yang lambat terhadap waktu dan dapat mengalami *self heating* serta memiliki konfigurasi yang terbatas. Contoh IC sensor suhu yaitu DS18B20.

2.2.8. PID (Proporsional–Integral–Derivatif)

Sistem kontrol PID merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut. Sistem kontrol PID ini terdiri dari tiga buah cara pengaturan yaitu kontrol P (Proporsional), I (Integral) dan D (Derivatif) dimana masing-masing kontrol memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya kontrol PID dapat bekerja sendiri maupun secara digabungkan. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D agar sinyal hasil konfigurasi dapat sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 2.26. Diagram Hubung Control PID

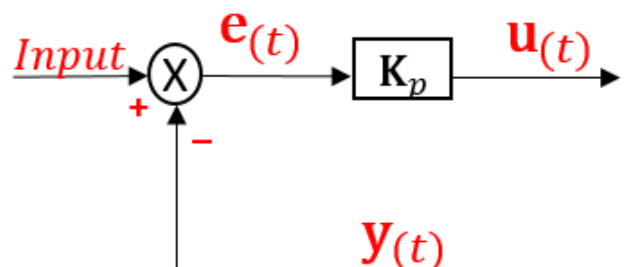
2.2.8.1. Kontrol Proporsional

Kontrol proporsional (K_p) berfungsi untuk memperkuat sinyal kesalahan penggerak (sinyal *error*), sehingga akan mempercepat keluaran sistem mencapai titik *set point* yang diinginkan. K_p berlaku sebagai *gain* (penguat) saja tanpa memberikan efek dinamik kepada kinerja kontroler. Penggunaan kontrol P memiliki berbagai keterbatasan karena sifat kontrol ini tidak dinamik. Namun untuk diterapkan dalam aplikasi dasar, kontrol P mampu untuk memperbaiki *respon transien* yaitu *rise time* dan juga *settling time*.

Hubungan antara *input* kontroler $u(t)$ dengan sinyal *error* $e(t)$ terlihat pada persamaan:

$$u(t) = K_p e(t) \dots \dots \dots (2.1)$$

K_p adalah konstanta proporsional. Diagram blok kontrol proporsional ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.27. Diagram Blok Kontrol Proporsional

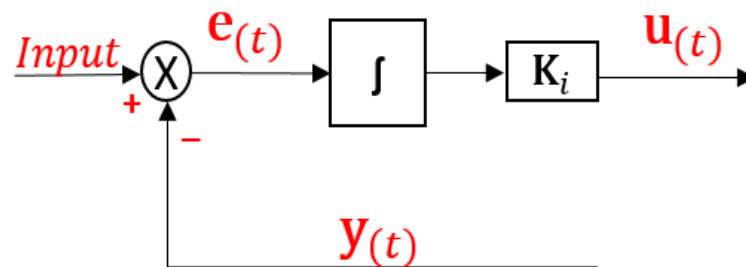
2.2.8.2. Kontrol Integral

Ki atau konstanta integral pada prinsipnya mempunyai tujuan untuk menghilangkan kesalahan ketika terjadi keadaan tunak (offset) yang biasanya ditimbulkan oleh kontrol proporsional. Hubungan antara *output* kontrol integral $u(t)$ dengan sinyal *error* $e(t)$ dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \dots \dots \dots (2.2)$$

Dari persamaan diatas dapat diketahui bahwa dengan adanya kontrol I maka dapat memperbaiki atau bahkan menghilangkan respon *steady-state* pada sistem , namun pemilihan K_i yang tidak tepat dapat justru dapat menyebabkan respon transien yang tinggi sehingga dapat menyebabkan sistem menjadi tidak stabil. Ketika pemilihan K_i yang terlampau tinggi juga akan menyebabkan *output* mempunyai osilasi karena dapat menambah orde pada sistem.

Berikut merupakan gambar diagram blok kontrol integral ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.28. Diagram Blok Kontrol Integral

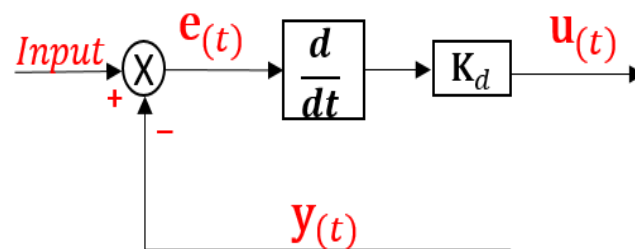
2.2.8.3. Kontrol Derivatif

Kontrol Derivatif sering dikenal sebagai pengendali laju karena *output* kontroler berbanding lurus dengan laju perubahan sinyal *error*. Hubungan antara *output* kontrol derivatif $u(t)$ dengan sinyal *error* $e(t)$ terlihat pada persamaan berikut :

$$u(t) = K_d \frac{de(t)}{dt} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dari persamaan di atas, dapat diketahui bahwa sifat dari kontrol D ini dalam konteks "kecepatan" atau *rate* dari *error*. Karena kontrol derivatif memiliki sifat ini, maka dapat digunakan untuk memperbaiki respon transien dengan cara memprediksi *error* yang akan terjadi. Kontrol derivatif hanya berubah ketika terdapat perubahan *error* sehingga ketika terjadi *error* statis, kontrol ini tidak akan bereaksi. Oleh karena itu, kontroler derivatif tidak dapat berdiri sendiri.

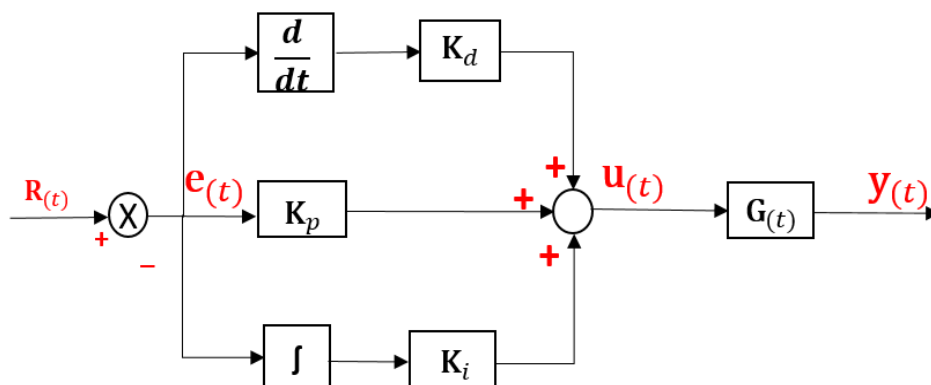
Kontrol derivatif juga tidak dapat berdiri sendiri karena kontrol ini hanya aktif pada periode peralihan. Pada periode peralihan, kontrol derivatif menyebabkan adanya redaman pada sistem sehingga lebih memperkecil lonjakan. Seperti halnya pada kontrol proporsional, kontrol derivatif juga tidak dapat menghilangkan *offset*. Blok kontrol derivatif ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.29. Diagram Blok Kontrol Derivatif

Gabungan dari ketiga kontroler tersebut menjadi kontrol PID.

Diagram Blok dari kontrol PID ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.30. Diagram Blok Kontrol PID

Sehingga persamaan untuk kontrol PID adalah:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan:

K_p = Konstanta Proporsional

K_i = Konstanta Integral

K_d = Konstanta Derivatif

T_d = Waktu Derivatif

T_i = Konstanta Integral

$u(t)$ = sinyal *output* pengendali PID

$e(t)$ = sinyal *error* = referensi – keluaran plant = set point – nilai sensor

2.2.9. BMS (Battery Management System)

BMS (Baterry Management System) merupakan suatu komponen elektronika yang digunakan untuk memajemen baterai. Fungsi dari BMS yaitu mengelola pengisian ulang pada baterai dan juga sekaligus memantau keadaan baterai. Selain itu, BMS juga berfungsi untuk menghitung data sekunder yang ada dibaterai serta menjaga kondisi disekitar baterai maupun menjaga keseimbangan baterai. BMS juga dapat digunakan untuk mengukur tegangan dan menghentikan pengisian ketika tegangan yang diinginkan tercapai. Berikut merupakan gambar dari BMS:



Gambar 2.31. *Battery Management System*

Sumber: https://www.aliexpress.com/battery-bms_reviews.html

Berikut merupakan fungsi BMS secara keseluruhan:

1) Memantau (Monitor)

Sebuah BMS dapat memantau kondisi dari baterai melalui perwakilan *input* dari beberapa item, seperti:

- a) Tegangan: total dari tegangan maupun tegangan dari masing-masing individu sel baterai.
- b) Temperatur: temperatur rata-rata, temperatur udara keluaran, atau temperatur dari setiap individu sel baterai.
- c) *State of charge* (SOC) atau *depth of charge* (DOD): untuk mnengindikasikan level atau tingkat pengisian daya pada baterai.
- d) *State of health* (SOH), didefinisikan sebagai sebuah penunjukan kondisi baterai melalui beberapa macam pengukuran terhadap baterai.
- e) Aliran udara: sebagai indikasi udara pendingin suhu baterai.
- f) Arus: arus yang keluar atau masuk ke dalam sel baterai.

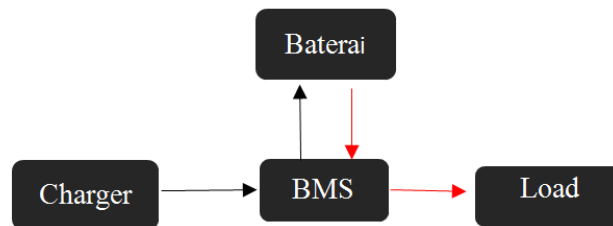
2) Komputasi

Selain itu, BMS juga dapat menghitung nilai-nilai berdasarkan item tersebut di atas (sebagai bahan analisa), seperti:

- a) Pengisian arus maksimum sebagai nilai batasan arus pengisian atau *charge current limit* (CCL)
- b) Arus pengosongan maksimum sebagai nilai batasan arus pengosongan atau *discharge current limit* (DCL)
- c) Total energi yang dikirimkan sejak pertama kali dioperasikan.
- d) Total lamanya waktu operasi baterai sejak pertama kali operasi.

BMS biasanya digunakan untuk memanajemen baterai dengan golongan *Lithium*. Baterai *Lithium* membutuhkan BMS karena dalam sistem pengisian sel *Lithium* memerlukan perlakuan khusus. Baterai *Lithium* memiliki ketentuan saat melakukan pengisian, karena memiliki batas tegangan bawah sebesar 2,7 V dan batas tegangan atas sebesar 4,2 V. Voltase pada sel *Lithium* tidak boleh lebih rendah dari batas tegangan bawah dan tidak boleh melebihi batas tegangan atas, karena ketika lebih rendah dari batas

tegangan bawah nya maka baterai akan drop dan ketika melebihi batas tegangan atasnya baterai akan panas dan mempunyai risiko untuk meledak. Oleh karena voltase dan arus pengisian sel *Lithium* harus tepat, tidak boleh berlebihan. Berikut merupakan perbedaan sistem baterai yang menggunakan BMS dan tidak menggunakan BMS:



Gambar 2.32.Sistem Baterai Menggunakan BMS

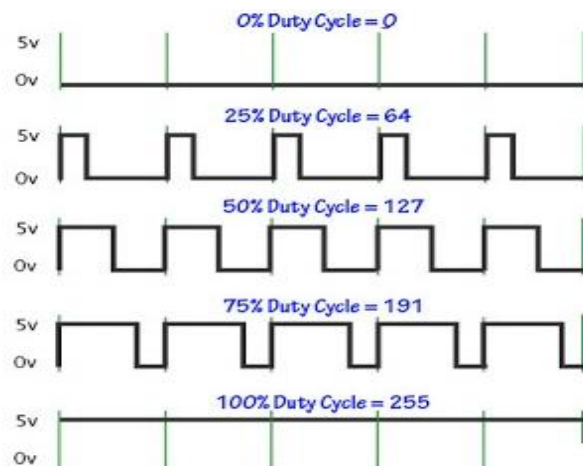


Gambar 2.33.Sistem Baterai Tidak Menggunakan BMS

2.2.10. Motor DC

Motor DC dapat berputar karena mendapat induksi dari sumber tegangan DC ketika motor tersebut dihubungkan. Pengontrolan motor DC akan lebih mudah ketika motor DC dihubungkan dengan mikrokontroler. Dengan menggunakan mikrokontroler maka dapat merubah putaran motor DC secara langsung tanpa merubah polaritas sumber tegangan. Agar dapat mengubah kecepatan pada motor DC maka perlu dilakukan perubahan terhadap besarnya nilai sumber tegangan. Dengan menggunakan mikrokontroler, dapat mengubah dengan menggunakan sistem otomatis. Dengan memberikan logika 1 dan 0 pada mikrokontroler maka dapat merubah arah putaran pada motor DC. Didalam mikrokontroler biasanya juga mempunyai fitur PWM untuk dapat mengubah kecepatannya.

PWM (Pulse Width Modulation) merupakan suatu teknik yang digunakan untuk memanipulasi lebar sinyal atau *duty cycle* yang biasanya dinyatakan dengan lebar pulsa atau satuan periode untuk mendapatkan nilai tegangan yang berbeda. Sinyal PWM pada dasarnya memiliki amplitudo serta frekuensi dasar yang tetap, tetapi memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar pulsa pada PWM berbanding lurus dengan nilai amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Dengan artian bahwa sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang sama namun dengan nilai *duty cycle* yang bervariasi antara 0 % hingga 100%. Besarnya nilai PWM yang dihasilkan oleh alat tergantung dari tipe *board* mikrokontroler yang digunakan. PWM pada Arduino Pro Mini dengan Atmega328 memiliki alokasi data sebesar 8bit dengan rentang data dari 0 hingga 255. Berikut merupakan contoh gambar dari besarnya nilai PWM yang di gambarkan dengan lebar pulsa. Sumbu vertikal pada gambar menunjukkan besarnya tegangan sedangkan sumbu horisontal menunjukkan besarnya waktu.



Gambar 2.34. Nilai PWM berdasarkan Nilai *Duty Cycle*