

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor DC (*direct current*)

Motor DC (*direct current*) adalah peralatan *electro mechanic* dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Motor dc merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor. (Frank D. Petruzella, 2001 : 331).

Gambar 2.1 di bawah merupakan gambar fisik dari motor DC yang digunakan.



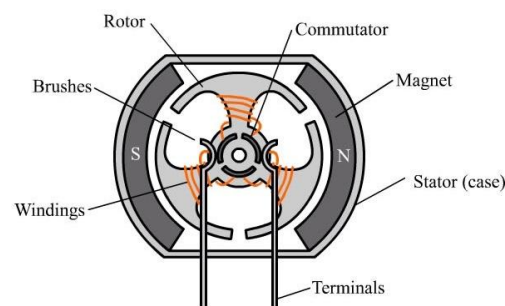
Gambar 2.1 Motor DC
(Sumber : Dokumen penulis)

Motor DC memerlukan *supply* tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut *stator* (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut *rotor* (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan yang berubah-ubah arah pada setiap setengah

putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan *komutator*, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.

2.1.1 Bagian Motor DC

Motor DC memiliki 3 komponen utama untuk dapat berputar. Gambar 2.2 di bawah ini menunjukkan bagian – bagian pada motor DC (*Direct Current*).



Gambar 2.2 Bagian Motor *DC (Direct Current)*

(sumber : <https://www.google.co.id> di akses tanggal 5 juni 2016 pukul 14.29 WIB)

1. Kutub medan

Secara sederhana bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang *stasioner* dan dinamo yang menggerakkan *bearing* pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan yaitu kutub utara dan kutub selatan.

2. Rotor

Bila arus masuk menuju *rotor* (bagian motor yang bergerak), maka arus ini akan menjadi elektromagnet. *Rotor* yang berbentuk *silinder*, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, rotor berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai

kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub - kutub utara dan selatan dinamo.

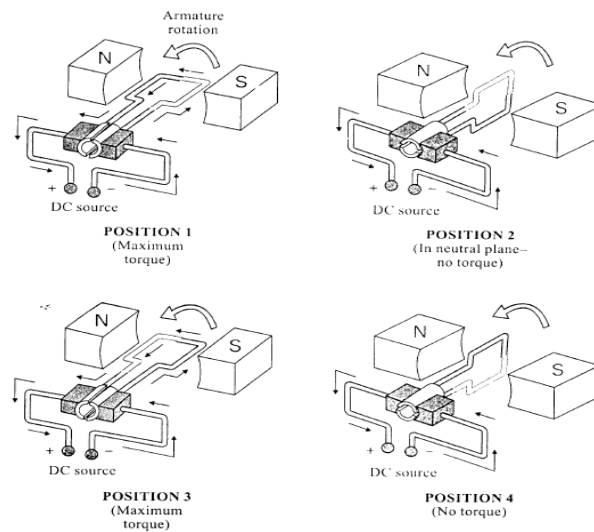
3. *Comutator*

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaan-nya adalah untuk membalikkan arah arus listrik dalam dinamo. *Commutator* juga membantu dalam *transmisi* arus antara dinamo dan sumber daya (Mohammad Hamdani, 2010 : 9 - 10).

2.1.2 Prinsip kerja Motor DC

Arus mengalir melalui kumparan jangkar dari sumber tegangan DC, menyebabkan jangkar beraksi sebagai magnet. Gambar 2.3 menjelaskan prinsip kerja motor DC magnet *permanent*.

1. Pada posisi 1 arus *elektron* mengalir dari sikat negatif menuju ke sikat positif. Akan timbul torsi yang menyebabkan jangkar berputar berlawanan arah jarum jam.
2. Ketika jangkar pada posisi 2, sikat terhubung dengan kedua *segmen comutator*. Aliran arus pada jangkar terputus sehingga tidak ada torsi yang dihasilkan. Tetapi, kelembaban menyebabkan jangkar tetap berputar melewati titik *netral*.
3. Pada posisi 3, letak sisi jangkar berkebalikan dari letak sisi jangkar pada posisi 1. *Segmen comutator* membalik arah arus *elektron* yang mengalir pada kumparan jangkar. Oleh karena itu arah arus yang mengalir pada kumparan jangkar sama dengan posisi 1. Torsi akan timbul yang menyebabkan jangkar tetap berputar berlawanan arah jarum jam.
4. Jangkar berada pada titik *netral*. Karena adanya kelembaban pada poros jangkar, maka jangkar berputar terus – menerus (Muhammad Zamroni, 2013: 4-5). Gambar 2.3 dibawah ini menjelaskan bagaimana prinsip kerja motor DC.

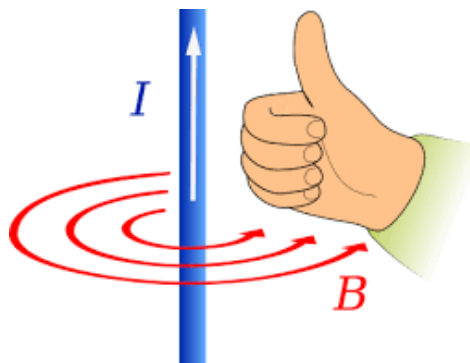


Gambar 2.3 Prinsip Kerja Motor DC

(sumber: https://www.google.co.id/search?biw=1366&bih=667&tbm=isch&sa=1&q=Prinsip+Kerja+Motor+DC&og=Prinsip+Kerja+Motor+DC&gs_l=img di akses tanggal 5 juni 2016 pukul 14.47 WIB)

Pada dasarnya, motor arus searah merupakan suatu *transduser* yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Proses *konversi* ini terjadi melalui medan magnet.

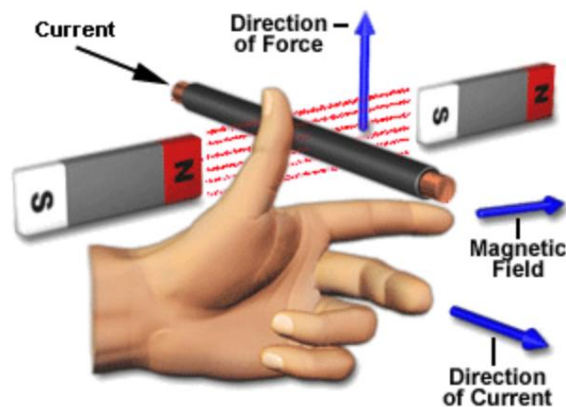
Ketika arus (I) melalui sebuah *konduktor*, akan dihasilkan garis-garis gaya magnet (*fluks*) B . Arah dari *fluks* bergantung pada arus yang mengalir atau dimana terjadi perbedaan *potensial* tegangan. Hubungan arah arus dan arah medan magnet ditunjukkan oleh gambar 2.4 menggunakan kaidah tangan kanan dari gaya *lorentz*.



Gambar 2.4 Konduktor yang dilalui arus listrik

(sumber: https://www.google.co.id/search?+dilalui+arus+listrik&oq=Konduktor+yang+dilalui+arus+listrik&gs_l=img di akses tanggal 5 juni 2016 pukul 15.00 WIB)

Berdasarkan aturan tangan kiri *Fleming*, ditunjukkan oleh gambar 2.5, ibu jari menunjukkan arah gerak, jari telunjuk menunjukkan arah medan, dan jari tengah menunjukkan arah arus. Jika sebuah kumparan yang dialiri arus listrik diletakkan disekitar medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen, maka pada penghantar tersebut akan mengalami gaya. Prinsip inilah kemudian yang digunakan pada motor (Denna maulana, 2012 : 4-5).



Gambar 2.5 Kaidah tangan kiri *Fleming*

(sumber: https://www.google.co.id/search?biw=1366&bih=667&tbn=isch&sa=1&q=Kaidah+tangan+kiri+Fleming&oq=Kaidah+tangan+kiri+Fleming&gs_l=img.12 di akses tanggal 5juni 2016 pukul 15.03 WIB)

Secara matematis, gaya *Lorentz* dapat dituliskan dengan persamaan :

$$\mathbf{F} = \mathbf{B} \mathbf{I} \mathbf{L} \quad (\text{Persamaan ... I})$$

dengan :

F = Gaya magnet pada sebuah arus (*Newton*)

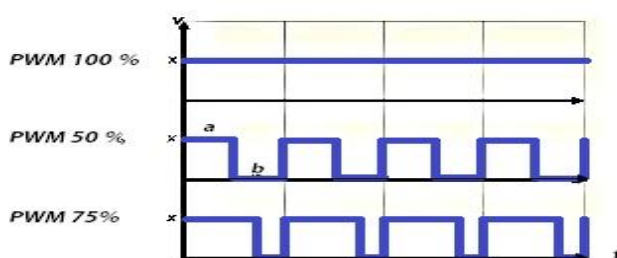
B = Medan magnet (*Tesla*)

I = Arus yang mengalir (*Ampere*)

L = Panjang konduktor (meter)

2.2 Pengaturan Motor DC Menggunakan *Pulse-Width Modulation*

Pulse Width Modulation adalah suatu teknik manipulasi dalam pengemudi motor (atau perangkat elektronik berarus besar lainnya) yang menggunakan prinsip *cut-off* dan saturasi. *Pulse-Width Modulation* dapat juga diartikan sebagai sebuah teknik untuk membangkitkan sinyal keluaran yang periodenya berulang-ulang berupa *high* dan *low* yang dapat mengontrol durasi sinyal *high* dan *low* sesuai dengan yang diinginkan (Endra Pitowarno, 2006 : 90). Gambar 2.6 menunjukkan ilustrasi dari bentuk gelombang *Pulse Width Modulation* itu sendiri.



Gambar 2.6 Ilustrasi PWM

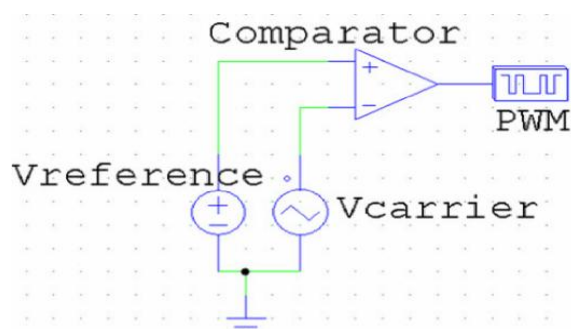
(sumber: <https://www.google.co.id/search?biw=1366&bih=667&tbn=isch&sa=1&q=l=img.13> di akses tanggal 5 juni 2016 pukul 23.37)

Salah satu cara untuk mengatur kecepatan putar motor dc adalah dengan metode *modulasi* lebar pulsa. Gambar dibawah ini menunjukkan ilustrasi *Pulse Width Modulation*, 100%, 50%, dan 75%. Sumbu *vertikal* menunjukkan besarnya tegangan dan sumbu *horizontal* menunjukkan waktu. *x* menandakan tegangan maksimum dari suatu sistem.

2.2.1 Jenis *Pulse-Width Modulation*

1. *Analog*

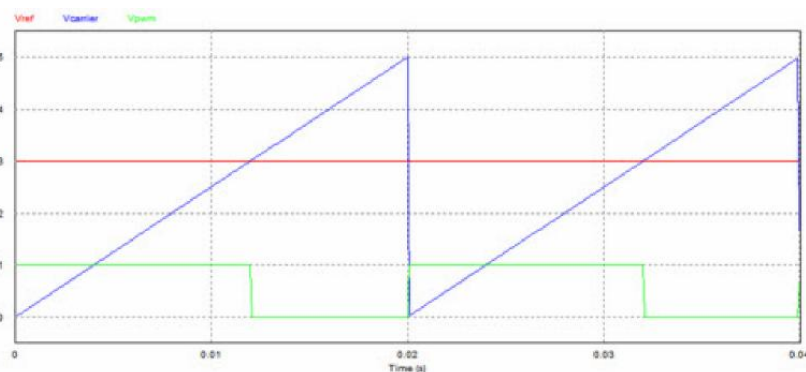
Pembangkitan sinyal *Pulse-Width Modulation* yang paling sederhana adalah dengan cara membandingkan sinyal gigi gergaji sebagai tegangan *carrier* dengan tegangan *referensi* menggunakan rangkaian *op-amp comparator*. Gambar 2.7 menunjukkan rangkaian *Pulse-Width Modulation analog*.



Gambar 2.7 Rangkaian *Pulse-Width Modulation analog*

(sumber: https://www.google.co.id/search?q=rangkaian+pwm+analog&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwimo7mXi4_OAhWFJpQKHV9BBX4Q_AUICCG&biw=1366&bih=667 diakses tanggal 5 juni 2016 pukul 00.05 WIB)

Cara kerja dari *comparator analog* ini adalah membandingkan gelombang tegangan gigi gergaji dengan tegangan *referensi* seperti yang terlihat pada gambar dibawah. Gambar 2.8 menggambarkan pembentukan sinyal *Pulse Width Modulation*.



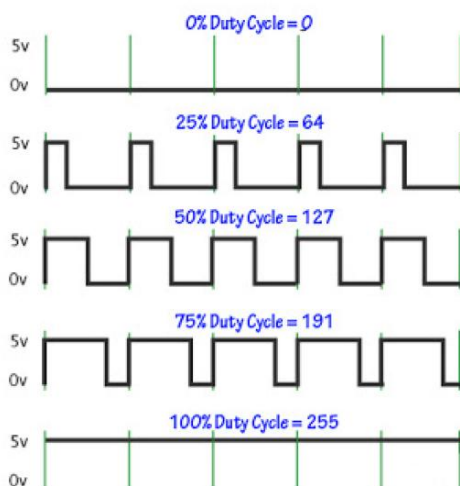
Gambar 2.8 Pembentukan sinyal *Pulse Width Modulation*

Saat nilai tegangan *referensi* lebih besar dari tegangan *carrier* (gigi gergaji) maka *output comparator* akan bernilai *high*. Namun saat tegangan *referensi* bernilai lebih kecil dari tegangan *carrier*, maka *output comparator* akan bernilai *low*. Dengan memanfaatkan prinsip kerja dari *comparator* inilah, untuk mengubah *duty cycle* dari sinyal *output* cukup dengan mengubah-ubah besar tegangan *referensi*. Besarnya *duty-cycle* rangkaian *Pulse Width Modulation* ini.

$$Duty-Cycle = \frac{V_{reference}}{V_{carrier}} \times 100\% \quad (\text{Persamaan ... II})$$

2. Digital

Pada metode *digital* setiap perubahan PWM (*Pulse Width Modulation*) dipengaruhi oleh *resolusi* dari PWM (*Pulse Width Modulation*) itu sendiri. Misalkan PWM (*Pulse Width Modulation*) *digital 8 bit* berarti PWM (*Pulse Width Modulation*) tersebut memiliki *resolusi* $2^8 = 256$, maksudnya nilai keluaran PWM (*Pulse Width Modulation*) ini memiliki 256 variasi, variasinya mulai dari 0 – 255 yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut.



Gambar 2.9 Duty Cycle dan Resolusi PWM

(sumber: <https://www.google.co.id/search?biw=1366&bih=667&tbm=isch&sa=1&q=> di akses tanggal 6 juni 2016 pukul 06.16 WIB)

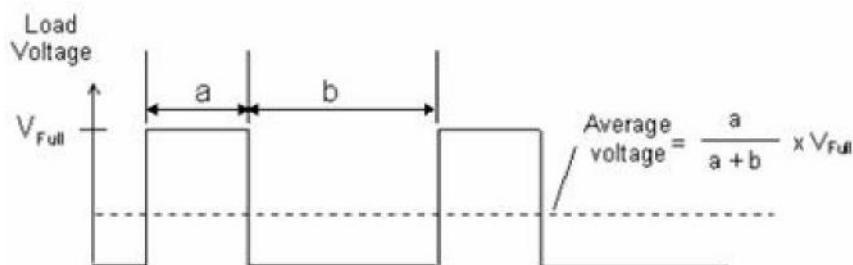
2.2.2 Perhitungan *duty cycle* PWM (*Pulse Width Modulation*)

Dengan cara mengatur lebar pulsa “*on*” dan “*off*” dalam satu perioda gelombang melalui pemberian besar sinyal *referensi output* dari suatu PWM akan didapat *duty cycle* yang diinginkan. *Duty cycle* dari PWM dapat dinyatakan sebagai

$$\text{Duty Cycle} = \frac{t_{\text{on}}}{(t_{\text{on}} + t_{\text{off}})} \times 100\% \quad (\text{Persamaan ... III})$$

Duty cycle 100% berarti sinyal tegangan pengatur motor dilewatkan seluruhnya. Jika tegangan catu 100V, maka motor akan mendapat tegangan 100V. pada *duty cycle* 50%, tegangan pada motor hanya akan diberikan 50% dari total tegangan yang ada, begitu seterusnya.

Perhitungan Pengontrolan tegangan *output* motor dengan metode *Pulse-Width Modulation* Metode *Pulse-Width Modulation* cukup sederhana, yang ditunjukkan seperti gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.10 Metode PWM (*Pulse-Width Modulation*)

(sumber: <https://www.google.co.id/search?biw=1366&bih=667&tbm=isch&sa=1&q=> di akses tanggal 6 juni 2016 pukul 09.16 WIB).

Dengan menghitung *duty cycle* yang diberikan, akan didapat tegangan *output* yang dihasilkan. Sesuai dengan rumus yang telah dijelaskan pada gambar.

$$\text{Average Voltage} = \frac{a}{a + b} \times V_{full} \quad (\text{Persamaan ... IV})$$

Average voltage merupakan tegangan *output* pada motor yang dikontrol oleh sinyal PWM Metode *Pulse-Width Modulation*. “*a*” adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “*on*”. “*b*” adalah nilai *duty cycle* saat kondisi

sinyal “off”. V_{full} adalah tegangan *maksimum* pada motor. Dengan menggunakan rumus diatas, maka akan didapatkan tegangan *output* sesuai dengan sinyal kontrol *Pulse-Width Modulation* yang dibangkitkan (Rudito Prayogo, 2012 : 4-6).

2.3 Driver Motor DC

Driver adalah rangkaian yang tersusun dari transistor yang digunakan untuk menggerakkan motor DC. Motor memang dapat berputar hanya dengan daya DC, tapi tidak bisa diatur tanpa menggunakan *driver*, maka diperlukan suatu rangkaian *driver* yang berfungsi untuk mengatur kerja dari motor. dapat dilihat *driver* motor yang digunakan sebagai berikut. Pada driver motor DC ini dapat mengeluarkan arus hingga 43A, dengan memiliki fungsi *Pulse-Width Modulation*. Tegangan sumber DC yang dapat diberikan antara 5.5V- 27VDC, sedangkan tegangan *input level* antara 3.3V-5VDC, *driver* motor ini menggunakan rangkaian *full H-bridge* dengan IC BTS7960 dengan perlindungan saat terjadi panas dan arus berlebihan. Gambar 2.11 menunjukan gambar fisik BTS7960 *driver 43 H-Bridge Driver PWM*.



Gambar 2.11 *BTS7960 Driver 43A H-Bridge Drive PWM*
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Komponen utama *driver* motor di atas adalah transistor yang dipasang sesuai karakteristiknya dimana transistor yang digunakan pada rangkaian ini *Driver* motor BTS7960 atau BTN7970. Karakteristik *Driver* motor BTS7960 atau BTN7970: (Thomas Sri Widodo, 2002 : 81).

- RPWM (*Forward Level* atau Sinyal PWM Input, aktif *HIGH*)
- LPWM (*Inversion Level* atau Sinyal PWM Input, aktif *HIGH*)
- R_EN (*Forward Drive Enable input*, Aktif *HIGH*)
- L_EN (*Reverse Drive Enable input*, Aktif *HIGH*)
- R_IS (*Forward Drive, - side current alarm output*)
- L_IS (*Reverse Drive, - side current alarm output*)
- VCC (+5v, connect to arduino)
- GND(*Ground*)

2.4 Arduino

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Pendirinya adalah Massimo Banzi dan David Cuartielles. Perangkat kerasnya memiliki prosesor *Atmel AVR* dan perangkat lunaknya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Saat ini Arduino sangat populer di seluruh dunia. Banyak pemula yang belajar mengenal robotika dan elektronika lewat Arduino karena mudah dipelajari. Tapi tidak hanya pemula, para *hobbyist* atau *professional* pun ikut senang mengembangkan aplikasi elektronik menggunakan Arduino. Bahasa yang dipakai dalam Arduino bukan *assembler* yang relatif sulit, tetapi bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan pustaka – pustaka (*libraries*) Arduino. Arduino juga menyederhanakan proses bekerja dengan *mikrokontroler*, sekaligus menawarkan berbagai macam kelebihan antara lain:

1. Murah

Papan (perangkat keras) Arduino biasanya dijual relatif murah, dibandingkan dengan *platform mikrokontroler* pro lainnya. Jika ingin lebih murah lagi, tentu bisa dibuat sendiri dan itu sangat mungkin sekali karena semua sumber daya untuk membuat sendiri Arduino tersedia lengkap di *website* Arduino bahkan di *webssite-website* komunitas Arduino lainnya. Tidak hanya cocok untuk *Windows*, namun juga cocok bekerja di *Linux*.

2. Sederhana dan mudah pemrogramannya

Perlu diketahui bahwa lingkungan pemrograman di Arduino mudah digunakan untuk pemula, dan cukup *fleksibel* bagi mereka yang sudah tingkat lanjut. Untuk guru/dosen, Arduino berbasis pada lingkungan pemrograman *processing*, sehingga jika mahasiswa atau murid-murid terbiasa menggunakan *processing* tentu saja akan mudah menggunakan Arduino.

3. Perangkat lunaknya *Open Source*

Perangkat lunak Arduino IDE dipublikasikan sebagai *Open Source*, tersedia bagi para pemrogram berpengalaman untuk pengembangan lebih lanjut. Bahasanya bisa dikembangkan lebih lanjut melalui pustaka – pustaka C++ yang berbasis pada Bahasa C untuk AVR.

4. Perangkat kerasnya *Open Source*

Perangkat keras Arduino berbasis *mikrokontroler* ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA328 dan ATMEGA1280 (yang terbaru ATMEGA2560). Dengan demikian siapa saja bisa membuatnya (dan kemudian bisa menjualnya) perangkat keras Arduino ini, apalagi *bootloader* tersedia langsung dari perangkat lunak Arduino IDE-nya. Bisa juga menggunakan *breadboard* untuk membuat perangkat Arduino beserta *periferal* – *periferal* lain yang dibutuhkan.

2.4.1 Kelebihan Arduino

Tidak perlu perangkat *chip programmer* karena didalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari komputer.

Sudah memiliki sarana komunikasi USB, Sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki *port serial/RS323* bisa menggunakannya. Memiliki modul siap pakai (*Shield*) yang bisa ditancapkan pada *board* arduino. Contohnya *shield GPS*, *Ethernet*.

2.4.2 Soket USB

Soket USB adalah *socet* kabel USB yang disambungkan kekomputer atau laptop, yang berfungsi untuk mengirimkan program ke arduino dan juga sebagai *port* komunikasi *serial*, maka tidak perlu lagi rangkaian *converter* dari RS232 untuk komunikasai *serial*.

2.4.3 *Input* atau *Output Digital* dan *Input Analog*

Input atau *output digital* (*digital pin*) adalah *pin pin* untuk menghubungkan arduino dengan komponen atau rangkaian *digital*. contohnya , jika ingin membuat LED berkedip, LED tersebut bisa dipasang pada salah satu *pin input* atau *output digital* dan *ground*. komponen lain yang menghasilkan *output digital* atau menerima *input digital* bisa disambungkan ke *pin-pin* ini. *Input analog* (*analog pin*) adalah *pin-pin* yang berfungsi untuk menerima sinyal dari komponen atau rangkaian *analog*. contohnya , potensiometer, sensor suhu, sensor cahaya, dan lain - lain.

2.4.4 Catu Daya

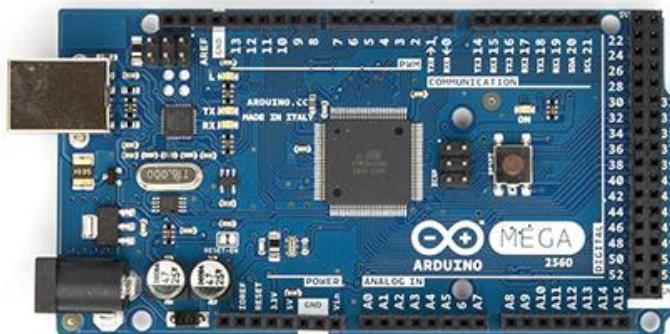
Pin-pin catu daya adalah *pin* yang memberikan tegangan untuk komponen atau rangkaian yang dihubungkan dengan arduino. Pada bagian catu daya ini *pin* V_{in} dan *Reset*. V_{in} digunakan untuk memberikan tegangan langsung kepada arduino tanpa melalui tegangan pada USB atau *adaptor*, sedangkan *reset* adalah *pin* untuk memberikan sinyal reset melalui tombol atau rangkaian *eksternal*.

2.4.5 *Baterai* atau *Adaptor*

Soket baterai atau *adaptor* digunakan untuk *supply* arduino dengan tegangan dari *baterai/adaptor* 9V pada saat arduino sedang tidak disambungkan ke komputer. Jika arduino sedang disambungkan ke komputer dengan USB, Arduino mendapatkan *supply* tegangan dari USB, Jika tidak perlu memasang *baterai* atau *adaptor* pada saat memprogram arduino. Apabila *supply* melebihi dari karakteristik Arduino, maka akan terjadi kerusakan pada Arduino yang kita gunakan.

2.5 Arduino Mega 2560

Arduino mega 2560 adalah papan mikrokontroler ATmega2560 berdasarkan (*datasheet*) memiliki 54 *digital pin input* atau *output* (dimana 15 *pin* dapat digunakan sebagai *output PWM*), 16 *analog input*, 4 UART (*hardware port serial*), *osilator cristal* 16 MHz, koneksi USB, *jack listrik*, *header ICSP*, dan tombol *reset*. Arduino Mega *kompatibel* dengan sebagian besar *shield*, dirancang untuk Arduino *Duemilanove* atau *Diecimila*. Gambar 2.11 menunjukkan bentuk fisik dari Arduino Mega.



Gambar 2.12 Arduino Mega 2560
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Arduino Mega2560 berbeda dari semua papan sebelumnya dalam hal itu tidak menggunakan FTDI *chip driver* USB-to-serial. Sebaliknya, fitur ATmega16U2 (ATmega8U2 dalam *board* revisi 1 dan *revisi* 2) diprogram sebagai *konverter* USB-to-serial. Revisi 2 dari ARduino Mega2560 memiliki resistor menarik garis 8U2 HWB ke tanah, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam *mode* DFU. *Revisi* 3 dari arduino mega 2560 memiliki *fitur-fitur* baru sebagai berikut:

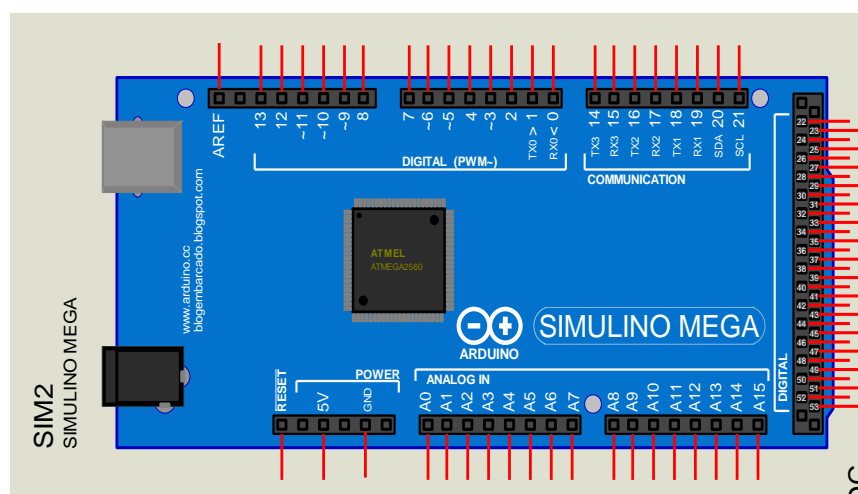
- a) 1,0 *pin out* tambah SDA dan SCL *pin* yang dekat dengan *pin* AREF dan dua *pin* baru lainnya ditempatkan dekat dengan *pin* RESET, yang IOREF yang memungkinkan perisai untuk beradaptasi dengan tegangan yang disediakan dari papan. Di masa depan, perisai akan *kompatibel* baik dengan papan yang menggunakan AVR, yang beroperasi dengan 5V dan dengan Arduino Karena

yang beroperasi dengan 3.3V. Yang kedua adalah *pin* tidak terhubung, yang dicadangkan untuk keperluan di masa depan.

- b) *Sirkuit reset* lebih kuat.
- c) Atmega 16U2 menggantikan 8U2.

2.5.1 Schematic Arduino Mega 2560

Gambar 2.13 menunjukkan *schematic* Arduino Mega 2560.



Gambar 2.13 Schematic Arduino Mega 2560

2.5.2 Summary

Tabel 2.1 dibawah ini menjelaskan karakteristik dari Arduino Mega 2560.

Tabel 2.1 Keterangan Arduino Mega 2560

<i>Microcontroller</i>	ATmega2560
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (limits)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	54 (of which 15 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	16
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	256 KB of which 8 KB used by bootloader
<i>SRAM</i>	8 KB
<i>EEPROM</i>	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

(Sumber : www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560)

2.5.3 Power

Arduino mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya *eksternal*. Sumber daya dipilih secara otomatis.

Eksternal (non-USB) daya dapat berasal baik dari *adaptor AC (Alternating Current)-DC (Direct Current)* atau *baterai*. *Adaptor* ini dapat dihubungkan dengan *steker 2.1 mm* pusat-positif ke sumber listrik pada *board arduino*.

Papan Arduino Mega 2560 dapat beroperasi pada pasokan *eksternal* 6 sampai 20 V_{DC} . Jika disertakan dengan kurang dari 7V, bagaimanapun, 5V *pin* dapat memasok kurang dari lima volt dan *board* mungkin tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan merusak papan. Kisaran yang dianjurkan adalah 7 sampai 12 volt. *Pin* listrik adalah sebagai berikut:

a. *VIN*

Tegangan *input* ke papan arduino menggunakan sumber daya *eksternal* (sebagai lawan 5 Volt dari *koneksi* USB atau sumber daya yang diatur lainnya). Anda dapat menyediakan tegangan melalui *pin* ini atau jika memasok tegangan melalui colokan listrik, mengaksesnya melalui *pin* ini.

b. *5V*

Pin output 5V ini diatur dari regulator di *board* dapat diaktifkan dengan daya baik dari colokan listrik DC (7 - 12V), *conector* USB (5V), atau *pin VIN* dari *board* (7-12V). Menyediakan tegangan melalui 5V atau 3.3V *Pin* melewati regulator dapat merusak *board*.

c. *3.3V*

Sebuah pasokan 3,3 volt yang dihasilkan oleh regulator *on-board*. Arus *maksimum* adalah 50 mA.

d. *Ground*

Pin ground.

e. *AREF*

Pin ini di papan arduino menyediakan tegangan *referensi* untuk operasi *mikrokontroler*. Sebuah *shield* dikonfigurasi dengan benar agar dapat membaca tegangan pada *pin AREF* dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan *voltage translator* pada *output* untuk bekerja dengan 5V atau 3.3V.

2.5.4 Memory

ATmega2560 memiliki 256 KB *flash* memori untuk menyimpan program (8 KB telah digunakan untuk *bootloader*), 8 KB dari *SRAM* dan 4 KB *EEPROM* (yang dapat dibaca dan ditulis oleh *library EEPROM*).

2.5.5 Input dan Output

Masing-masing dari 54 *pin digital* pada arduino mega 2560 dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi *pinMode* (), *digitalWrite* (), dan *digitalRead* (). Semua *pin* beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap *pin* dapat memberikan atau menerima *maksimal* 40 mA dan memiliki resistor *pull-up internal* yang (terputus secara *default*) dari kisaran resistor 20-50 KΩ. Selain itu, beberapa *pin* memiliki fungsi khusus sebagai berikut :

1. *Serial*: 0 (RX) dan 1 (TX); *Serial 1*: 19 (RX) dan 18 (TX); *Serial 2*: 17 (RX) dan 16 (TX); *Serial 3*: 15 (RX) dan 14 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) TTL data *serial*. *Pin* 0 dan 1 juga terhubung ke *pin* yang sesuai dari ATmega16U2 USB-to-Serial TTL.
2. *Eksternal Interrupts*: 2 (*interrupt* 0), 3 (*interrupt* 1), 18 (*interrupt* 5), 19 (*interrupt* 4), 20 (*interrupt* 3), dan 21 (*interrupt* 2). *Pin* ini dapat dikonfigurasi untuk memicu *interupsi* pada nilai yang rendah, yang naik atau jatuh tepi, atau perubahan nilai. Lihat fungsi *attachInterrupt* () untuk rincian.
3. PWM: 2-13 dan 44 sampai 46. Memberikan 8-bit PWM *output* dengan *analogWrite* () fungsi.
4. SPI: 50 (*MISO*), 51 (*MOSI*), 52 (*SCK*), 53 (*SS*).

Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan *library* SPI. *Pin* SPI juga terpisah dari *header* ICSP, yang secara fisik *kompatibel* dengan Uno, *Duemilanove* dan *Diecimila*.

5. LED: 13. Ada *built-in* LED terhubung ke *pin* digital 13.

Ketika logika *pin* bernilai nilai tinggi atau *high*, LED akan menyala, ketika logika *pin* rendah atau *low*, maka LED akan mati atau *off*.

6. TWI: 20 (SDA) dan 21 (SCL).

Dukungan komunikasi TWI menggunakan *wire library*. Perhatikan bahwa *pin* ini tidak berada di lokasi yang sama dengan *pin* TWI di *Duemilanove* atau *Diecimila*.

Arduino Mega2560 memiliki 16 *input analog*, yang masing-masing menyediakan 10 bit *resolusi* (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara *default* mereka pengukuran dari *ground* sampai 5 volt, meskipun adalah mungkin untuk

mengubah nilai jangkauan atas (5V) dengan menggunakan *pin AREF* dan fungsi *analogReference ()* fungsi. Ada beberapa *pin* lainnya di papan:

- *AREF*.
Tegangan *referensi* untuk *input analog*. Digunakan dengan *analogReference*.
- *Reset*.
Untuk *me-reset* mikrokontroler.

2.5.6 *Communication*

Arduino Mega 2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau *mikrokontroler* lainnya. ATmega2560 menyediakan empat UART *hardware* untuk TTL (5V) komunikasi *serial*. Sebuah ATmega16U2 (ATmega 8U2 pada *board revisi* 1 dan *revisi* 2) pada saluran salah satu *board* atas USB dan menyediakan *port com virtual* untuk perangkat lunak pada komputer (mesin *Windows* akan membutuhkan file *.inf*, tapi *OSX* dan *Linux* mesin akan mengenali *board* sebagai *port COM* secara otomatis. perangkat lunak Arduino termasuk *monitor serial* yang memungkinkan data tekstual sederhana yang akan dikirim ke dan dari papan. RX dan TX LED di papan akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui ATmega8U2 / ATmega16U2 *Chip* dan USB koneksi ke komputer (tetapi tidak untuk komunikasi *serial* pada *pin* 0 dan 1). ATmega2560 juga mendukung TWI dan komunikasi SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk *wire library* untuk menyederhanakan penggunaan bus TWI; lihat dokumentasi untuk rincian. Untuk komunikasi SPI, menggunakan *library SPI*.

(Sumber : www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560)

2.6 Sensor

Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. *Variabel* keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik disebut *transduser*. Dalam sistem ini yang digunakan adalah sensor suhu karena sistem ingin mengukur *temperatur plant*. Sensor suhu adalah alat yang digunakan untuk mengubah besaran panas menjadi besaran listrik yang dapat dengan mudah dianalisis besarnya. Ada beberapa metode yang digunakan untuk membuat sensor ini, salah satunya dengan cara menggunakan material yang berubah hambatannya terhadap arus listrik sesuai dengan suhunya (Ahmad Zubaida, 2011 : 6).

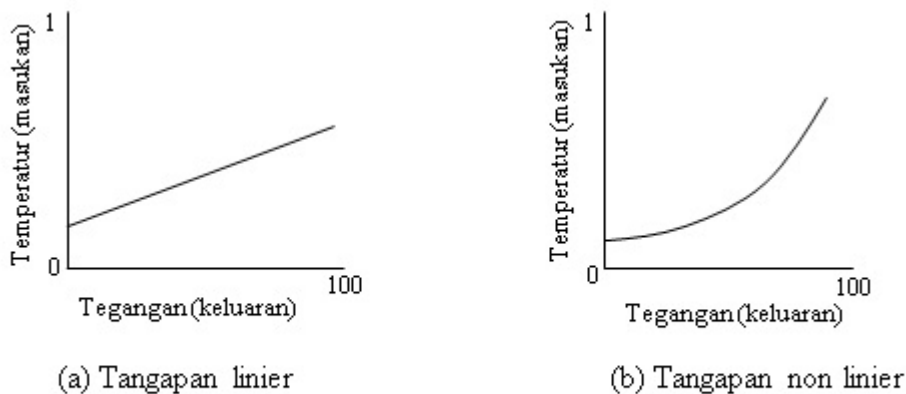
2.6.1 Termistor (Tahanan Termal)

Termistor Adalah salah satu jenis sensor suhu yang mempunyai *koefisien temperatur* yang tinggi, dimana komponen ini dapat mengubah nilai resistansi karena adanya perubahan *temperatur*. Termistor dibedakan dalam 3 jenis, yaitu termistor yang mempunyai *koefisien* negatif, disebut NTC (*Negative temperature Coefisient*), termistor yang mempunyai *koefisien* positif, disebut PTC (*Positive Temperature Coefisient*) dan termistor yang mempunyai tahanan kritis, yaitu CTR (*Critical Temperature Resistance*).

2.6.2 Sensor PTC (*Positive Temperature Coefficient*)

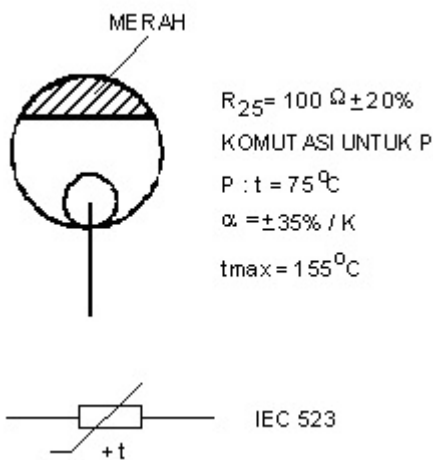
Sensor PTC (*Positive Temperature Coefficient*) adalah komponen elektronika yang berfungsi mendeteksi besaran fisis berupa suhu yang kemudian di *konversikan* ke besaran listrik berupa tegangan. (Lilik Gunarta, 2011). *Positive Temperature Coefficient* (PTC) merupakan resistor / termistor yang nilai tahanannya akan naik jika *temperatur* naik, dan turun jika *temperatur* turun. *Positive Temperature Coefficient* (PTC) C biasanya digunakan untuk sensor *temperatur*.

Gambar 2.14 dibawah ini menerangkan tentang karakteristik dari sensor *Positive Temperature Coefficient* (PTC), dan gambar 2.15 menunjukkan bentuk dan simbol dari sensor tersebut.



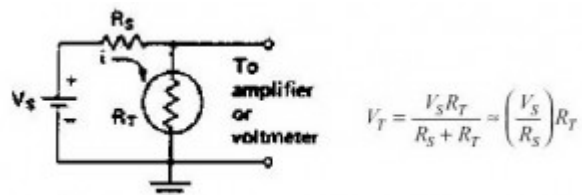
Gambar Linieitas Keluaran dari transduser panas

Gambar 2.14 Karakteristik Sensor *Positive Temperature Coefficient* (PTC)



Gambar 2.15 Bentuk Fisik dan Simbol Sensor *Positive Temperature Coefficient* (PTC)

Untuk pengontrolan perlu mengubah tahanan menjadi tegangan, berikut rangkaian dasar untuk mengubah resistansi menjadi tegangan. Gambar 2.16 adalah gambar rangkaian pembagi tegangan beserta persamaannya.



Gambar 2.16 Rangkaian Pembagi Tegangan dan Persamaan