

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Arduino

Proyek arduino berawal di Ivre, italia pada tahun 2005. sekarang telah lebih dari 120.000 unit terjual sampai dengan 2010. Pendirinya adalah Massimo Banzi dan David Cuartiellez.

(Sumber: www.academia.edu/9267031/MIKROKONTROLER_makalah_arduino_and_raspberry)

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open source*, diturunkan dari *wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. 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*) yang terdapat pada arduino.

2.1.1 Kelebihan Arduino

Arduino 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 *website-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 atau 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 (*Integrated Development Environment*) 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 (*Advance Virtual RISC*).

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, termasuk *bootloader* tersedia langsung dari perangkat lunak arduino IDE-nya. Bisa juga menggunakan *breadoard* untuk membuat perangkat arduino beserta perifer-al-perifer-al lain yang dibutuhkan.

2.1.2 Soket USB (*Universal Serial Bus*)

Soket USB adalah soket kabel USB yang disambungkan ke komputer atau laptop, yang berfungsi untuk mengirimkan program ke arduino dan juga sebagai *port* komunikasi serial.



2.1.3 *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 (*Light Emitting Diode*) 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.

2.1.4 *Catu Daya*

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.

2.1.5 *Baterai* atau *Adaptor*

Socket baterai atau adaptor digunakan untuk menyuplai arduino dengan tegangan dari baterai atau adaptor 9V pada saat arduino sedang tidak disambungkan kekomputer. Jika arduino sedang disambungkan kekomputer dengan USB, Arduino mendapatkan suplai tegangan dari USB, Jika tidak perlu memasang baterai atau adaptor pada saat memprogram arduino.

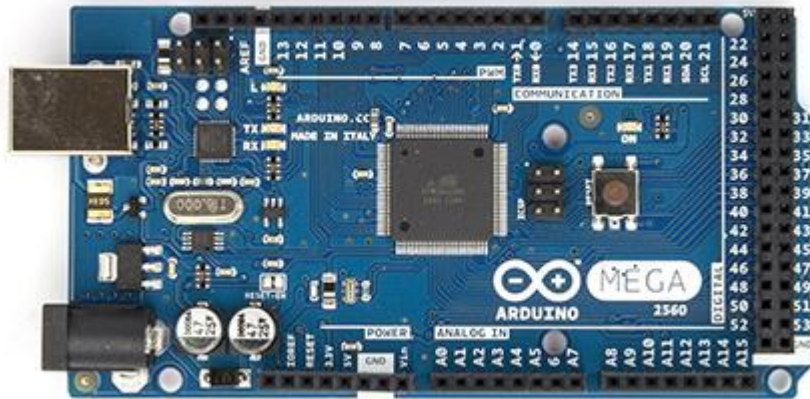
(Sumber: www.arifeeiiggeennblog.wordpress.com/2014/02/07/pengertian-fungsi-dan-kegunaan-arduino/)

2.2 *Arduino Mega 2560*

Arduino mega 2560 adalah papan mikrokontroler Atmega 2560 berdasarkan (*datasheet*) memiliki 54 digital pin *input* atau *output* (dimana 15 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM atau *Pulse Width Modulation*), 16 *analog input*, 4 UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*), *osilator* kristal 16 MHz,



koneksi USB, *jack* listrik, *header ICSP (In-Circuit Serial Programming)*, dan tombol *reset*. Semuanya diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau *power* dengan adaptor AC (*Alternating Current*) – DC (*Direct Current*) atau baterai.



Gambar 2.1 Arduino Mega 2560

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

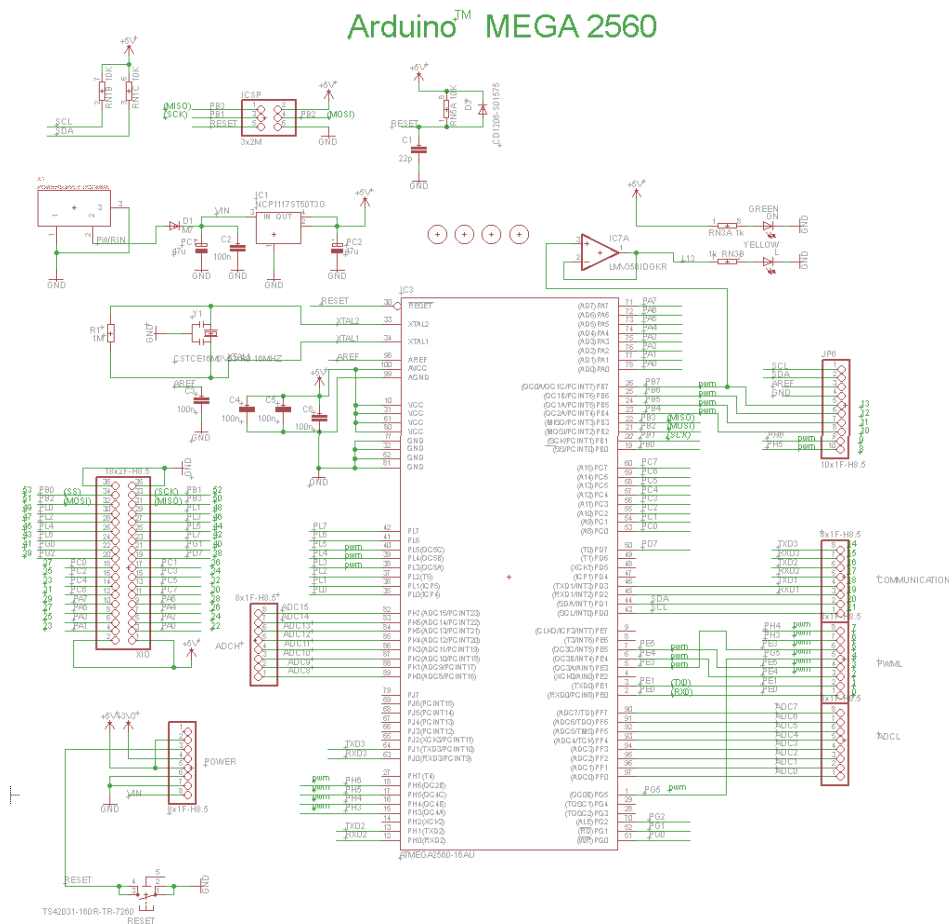
Arduino Mega 2560 berbeda dari semua papan sebelumnya dalam hal itu tidak menggunakan *FTDI chip driver* USB-to-serial. Sebaliknya, fitur Atmega 16U2 (Atmega 8U2 dalam *board* revisi 1 dan revisi 2) diprogram sebagai *converter* USB-to-serial. Revisi 2 dari Arduino Mega 2560 memiliki resistor menarik garis 8U2 HWB ke *ground*, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam mode DFU (*Device Firmware Update*). Revisi 3 dari arduino mega 2560 memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut:

- a) 1,0 *pinout* tambah SDA (*Serial Data*) dan SCL (*Serial Clock*) pin yang dekat dengan pin AREF (*ADC Reference*) dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin *reset*.
- b) Sirkuit *reset* lebih kuat.
- c) Atmega 16U2 menggantikan 8U2.

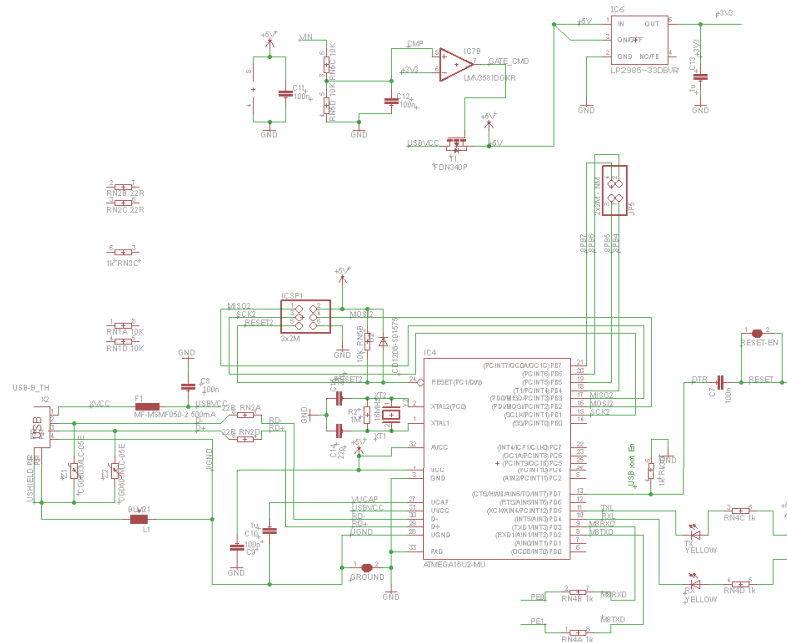


2.2.1 Schematic Arduino Mega 2560

Adapun gambar *schematic* dari rangkaian arduino mega 2560, dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini :



(a) Bagian Pertama



Reference Designs ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." Arduino DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Arduino may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." Arduino reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information.

ARDUINO is a registered trademark.

(b) Bagian kedua

Gambar 2.2 Schematic Arduino Mega 2560
(Sumber : www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560)

2.2.2 Summary

Adapun data-data mengenai arduino mega 2560, dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Keterangan Arduino Mega 2560

Microcontroller	Atmega 2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz



2.2.3 Power

Arduino mega 2560 dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara manual.

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

Papan arduino mega 2560 dapat beroperasi pada tegangan 6 sampai 20 V_{DC}. Jika menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan merusak *board arduino*. Kisaran yang dianjurkan adalah 7 sampai 12 volt. Pin listrik *board arduino mega 2560* 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). Jika ingin menyediakan tegangan eksternal dapat digunakan pin ini.

b. 5V

Pin *output* 5V ini diatur dari regulator di *board* dapat diaktifkan dengan daya baik dari colokan listrik DC (7 - 12V), konektor USB (5V), atau pin VIN dari *board* (7-12V).

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.



2.2.4 Memory

Atmega 2560 memiliki 256 KB *flash memory* untuk menyimpan program (8 KB telah digunakan untuk *bootloader*), 8 KB dari SRAM (*Static Random Access Memory*) dan 4 KB EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*).

2.2.5 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 Atmega 16U2 USB-to-Serial TTL.

2. *External 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 lebih rinci.

3. PWM: 2-13 dan 44 sampai 46. Memberikan 8-bit PWM output dengan fungsi `analogWrite ()`.
4. SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).

Pin ini mendukung komunikasi SPI (*Serial Peripheral Interface*) 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 (*Light Emiting Diode*) 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 (*Two Wire Interface*) menggunakan *wire library*. Perhatikan bahwa pin ini tidak berada di lokasi yang sama dengan pin TWI di Duemilanove atau Diecimila.

Arduino mega 2560 memiliki 16 *input* analog, yang masing-masing menyediakan 10 bit resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara *default* nilai tersebut dari 0 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 *board arduino mega 2560* yaitu sebagai berikut:

1. AREF.

Tegangan referensi untuk *input* analog. Digunakan dengan *analogReference ()*.

2. *Reset*.

Untuk *me-reset* mikrokontroler.

2.2.6 *Communication*

Arduino mega 2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. Atmega 2560 menyediakan empat UART *hardware* untuk TTL (5V) komunikasi serial. Sebuah Atmega 16U2 (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 Atmega 8U2 / Atmega 16U2 dan USB koneksi ke komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1).

Atmega 2560 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)

2.3 PS2 Controller

PS2 controller adalah *stick* yang biasa digunakan untuk game *playstation 2*. Pada *stick controller* ini terdapat tombol-tombol *keypad* dan dua buah *joystick*. Jumlah tombol *keypad* pada *stick* ini yaitu sebanyak 15 buah, beberapa tombol biasa difungsikan sebagai navigasi dan beberapa lainnya sebagai fungsi lain yang mendukung fungsi *gamming*.



Gambar 2.3 PS2 Controller

(Sumber : www.en.wikipedia.org/wiki/User:Alphathon/PS2_accessories)



2.3.1 Pin Konfigurasi dan Komunikasi

Pada *stick controller* PS2 ini terdapat 9 buah pin *output*, konfigurasi pin *wiring Conector Joystick PS2*, berikut gambarnya :



Gambar 2.4 Connector PS2 Controller

(Sumber : www.mekatronika-corner.blogspot.com/2013/01/wireless-joystick-ps2-atmega-8-bascom.html)

Wireless joystick PS2 menggunakan komunikasi SPI (*Serial Peripheral Interface*) atau biasa orang sebut sebagai *3 wire interface*.

2.3.2 Data Protokol

Untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler pada *joystick* PS2 diperlukan beberapa proses pengiriman ID (*identity*). Mikrokontroler mengirim data $\&H01$ (*start up*), setelah itu mikrokontroler mengirim data $\&H42$ (*read data*). Kemudian disaat yang sama mikrokontroler akan menerima data tipe *joystick* yang digunakan.

$\&H41$ = Konsul Digital

$\&H73$ = Konsul Analog

Setelah itu mikrokontroler akan menerima data $\&H5$

Data *byte* pertama akan diterima kemudian *byte* kedua, setelah itu data analog 1 dan analog 2.



2.3.3 Frame Data

Untuk penjelasan lebih lanjut mengenai data-data tombol pada *stick controller PS2*, dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah ini :

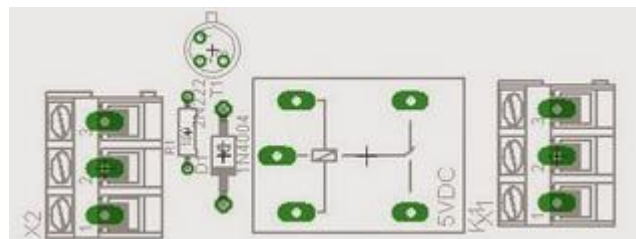
Tabel 2.2 Frame Data PS2 Controller

Byte	PsxCMD	PsxData	Keterangan							
01	&H01									
02	&H42	&H41/&H73								
03	-	&H5A	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
04	-	Digital 1	←	↓	→	↑	start	Joy R	Joy L	Select
05	-	Digital 2	⊞	x	⊞	Δ	R1	L1	R2	L2
06	-	Analog 1 X	Joystick Analog kanan sumbu x 128 center							
07	-	Analog 1 Y	Joystick Analog kanan sumbu y 128 center							
08	-	Analog 2 X	Joystick Analog kiri sumbu x 128 center							
09	-	Analog 2 Y	Joystick Analog kiri sumbu Y 128 center							

(www.mekatronika-corner.blogspot.com/2013/01/wireless-joystick-ps2-atmega-8-bascom.html)

2.4 Driver Relay 5V_{DC}

Driver relay adalah berupa rangkaian elektronika dengan komponen-komponennya yang digunakan untuk mengendalikan sebuah atau beberapa *relay*. Rangkaian ini biasanya terdapat 6 buah pin, 3 pin *input* dan 3 pin *output*. Tata letak komponen *driver relay* 5V_{DC} dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut :



Gambar 2.5 Tata Letak Komponen *Driver Relay* 5V_{DC}

Pada *driver relay* 5V_{DC} tersebut, terdapat 3 pin masukan yaitu *vcc*, *ground*, dan *data*, pada pin *vcc* berfungsi sebagai *supply* untuk mengaktifkan *relay*, pada pin *ground* terhubung sumber *ground*, sedangkan pada pin *data* sebagai pin



kendali *driver relay* ini, yang mana akan terhubung dengan pin *output* dari arduino yang digunakan.

Pada pin *output driver relay* ini terdiri juga dari 3 pin, yaitu pin tengah sebagai pin *input* utama, kemudian dua pin pada sisinya sebagai *normally close* dan *normally open* dapat digunakan sesuai kebutuhan.

2.5 Driver Motor Direct Current (DC) BTS7960

Pada *driver motor* DC ini dapat mengeluarkan arus hingga 43A, dengan memiliki fungsi PWM. Tegangan sumber DC yang dapat diberikan antara 5.5V-27V_{DC}, sedangkan tegangan *input* level antara 3.3V-5V_{DC}, *driver* motor ini menggunakan rangkaian *full H-bridge* dengan IC BTS7960 dengan perlindungan saat terjadi panas dan arus berlebihan.



Gambar 2.6 BTS7960 Driver 43A H-Bridge Drive PWM

(Sumber : www.brontoseno.com/produk/bts7960b-driver-43a-h-bridge-drive-pwm/)

Pin konfigurasi dari penggunaan *driver 43A H-Brige Drive* PWM ini dapat dilihat pada gambar dibawah :

1	2	
○	○	1、 RPWM : Forward level or PWM signal input, active high
○	○	2、 LPWM : Inversion level or PWM signal input, active high
○	○	3、 R_EN : Forward drive enable input , high enable , low close
○	○	4、 L_EN : Reverse drive enable input , high enable , low close
○	○	5、 R_IS : Forward drive -side current alarm output
○	○	6、 L_IS : Reverse drive -side current alarm output
7	8	7、 VCC : +5 V power input, connected to the microcontroller 5V power supply
		8、 GND : Signal common ground terminal

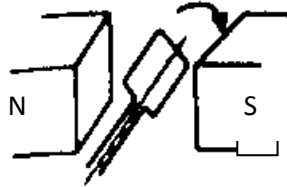
Gambar 2.7 Pin Konfigurasi BTS7960 Driver 43A H-Bridge Drive PWM

(Sumber : www.hessmer.org/blog/2013/12/28/ibt-2-h-bridge-with-arduino/comment-page-1/)



2.6 Motor *Direct Current* (DC)

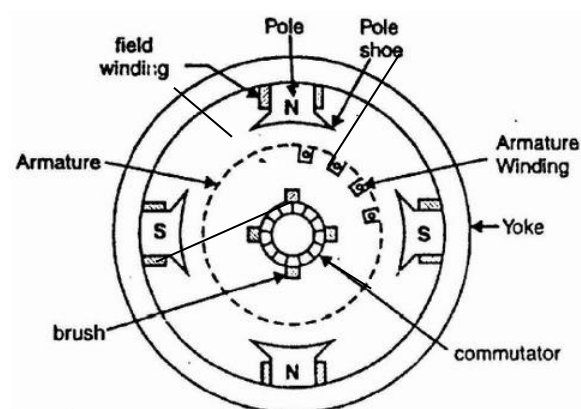
2.6.1 Prinsip Kerja Motor DC



Gambar 2.8 Dasar Motor DC

Pada Gambar 2.8 menunjukkan prinsip kerja dasar dari sebuah motor *Direct Current* (DC), sebuah batang tembaga yang dapat berotasi bebas dalam medan sebuah magnet permanen. Ketika sebuah arus melalui kumparan, maka menghasilkan medan magnet yang kemudian menimbulkan gaya gerak sehingga menyebabkan rotasi, hal ini terus berlanjut, kumparan berada pada posisi tegak lurus dengan arah arus yang melalui kumparan yang telah di *reverse*.

Pada motor DC konvensional, kumparan tembaga terpasang pada *slots* sebuah bahan magnetis silinder yang disebut dengan *armature*. *Armature* terpasang pada *bearing*, dan hal ini menyebabkan *armature* dapat berotasi secara bebas. *Armature* ini berada dalam medan magnet yang dihasilkan oleh kutub magnet. Untuk motor yang kecil, magnet permanen atau elektromagnet dengan medan magnet yang dimilikinya dihasilkan oleh sebuah arus yang melalui kumparan.



Gambar 2.9 Sistem Pada Motor DC



Gambar 2.9 menunjukkan prinsip kerja dasar dari sebuah empat kutub motor DC dengan medan magnet yang dihasilkan oleh arus yang melalui bidang kumparan. Lilitan kumparan pada tiap *armature* yang saling terhubung dengan *segment* dari *ring segment* disebut sebagai *commutator*, dengan kontak elektrik yang dibuat untuk *segment* melalui kontak karbon disebut *brushes*. Sebagai penggerak *armature*, *commutator* membalikkan arus pada tiap kumparan sehingga bergerak antara medan magnet. Hal ini perlu, jika gaya gerak pada kumparan untuk mengulang gerakan dengan yang sama dan terus berputar. Arah dari perputaran motor DC dapat dibalik, dengan membalikkan juga arah arus *armature* atau medan arus.

(Sumber : Bolton, W. 2003. “*Electronic Control System in Mechanical and Electrical Engineering*”. 3rd Edition, Prentice-Hall, England)

2.6.2 Kendali Listrik dari Sebuah Motor DC

Cara termudah dari kendali motor adalah dengan sistem *open loop control*, diaman hanya diperlukan satu pengaturan saja pada nilai *drive* tegangan, dan karakteristik motor serta beban menentukan operasi kecepatan dan torsi. Tapi permasalahan yang paling menarik yaitu jika membutuhkan sistem kendali otomatis, dimana nilai tegangan bervariasi untuk menghasilkan beragam gerakan. Hal ini disebut *closed-loop* atau *feedback control*, dan ini membutuhkan sebuah *output* sensor kecepatan ataupun torsi guna terus menerus membandingkan nilai actual dari *output* dengan nilai yang diinginkan, nilai ini dinamakan *set point*. *Controller* kemudian secara langsung mengubah nilai *output* motor mendekati nilai *set point*. Sistem kendali kecepatan elektronik ada dua tipe: *linear amplifiers* dan *pulse width modulators*. Kendali *Pulse Width Modulation* (PWM) mempunyai kelebihan seperti menjalankan transistor daya bipolar secara cepat antara *cutoff* dan saturasi atau mengatur FET aktif atau tidak. Dalam kasus lain, disipasi daya yang dihasilkan kecil. *Servo amplifier* menggunakan *linier power amplification* yang mana cukup memuaskan tetapi menghasilkan panas berlebih, dikarenakan fungsinya hanya untuk transistor linear, tapi karena daya kecil yang dibutuhkan, perancangan yang mudah, ukuran yang lebih kecil, dan biaya yang sedikit, maka



perlu fokus untuk menggantikan *amplifier design*, yang mana sering disebut dengan *Pulse Width Modulation (PWM) amplifier*.

Prinsip kerja dari sebuah *amplifier* PWM dapat dilihat pada Gambar 2.10, Sebuah *power supply* DC langsung digantikan dengan nilai frekuensi f antara dua nilai (*on* dan *off*). Frekuensi ini biasanya lebih dari 1 KHz. Nilai tinggi terus dipertahankan selama sebuah lebar pulsa aktif berada antara nilai periode T yang tetap, dimana :

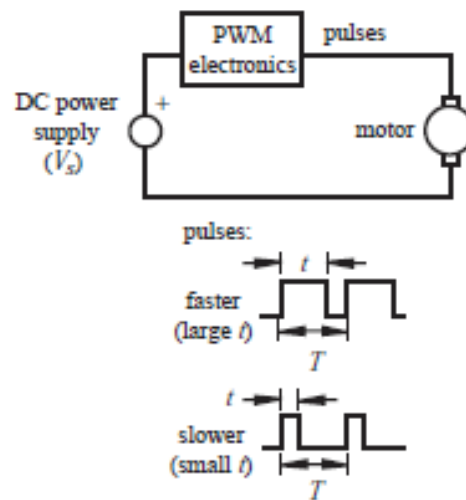
$$T = \frac{1}{f} \dots\dots\dots(1)$$

Hasil sinyal gelombang kotak memiliki nilai *Duty Cycle* yang diartikan sebagai nilai ratio antara waktu aktif pada satu perioda gelombang, biasanya dikalikan dengan persen :

$$Duty\ Cycle = \frac{t}{T} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Ketika nilai *duty cycle* berubah (oleh *controller*), nilai arus yang melalui motor akan berubah, menyebabkan perubahan kecepatan dan torsi pada *output*. Inilah dasar dari *duty cycle*, dan tidak serupa dengan nilai tegangan *power supply* yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor.

Blok diagram sistem kendali *feedback* PWM untuk sebuah motor DC dapat dilihat pada Gambar 2.10. Nilai tegangan pada tachometer menghasilkan *output* linier yang berhubungan dengan kecepatan motor. *Error* dan arus motor dapat dilihat melalui sebuah *pulse-width-modulation regulator* yang menghasilkan sinyal kotak termodulasi sebagai *output*. Sinyal ini teramplifikasi dengan level yang sesuai untuk menggerakkan motor.

Gambar 2.10 *Pulse Width Modulation* Pada Sebuah Motor DC

Gambar 2.11 Nilai Tegangan PWM dan Arus Motor

Pada Gambar 2.11 dapat dilihat, ketika nilai *Duty Cycle* besar, maka akan menghasilkan arus motor yang besar pula, dan sebaliknya apabila nilai *Duty Cycle kecil* maka arus motor yang dihasilkan juga akan kecil.

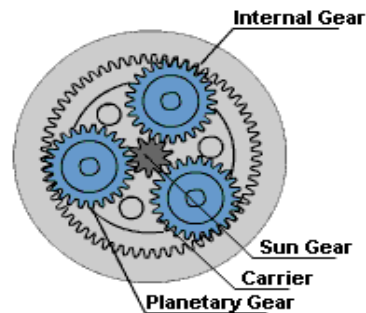
(Sumber : Alciatore, David G., & Hystand, Michael B. 2003. "Introduction to Mechatronics and Measurement Systems". 4th Edition. McGraw-Hill, New York)

2.6.3 Motor DC Planetary Gear

Motor DC *planetary gear* adalah motor DC yang memiliki *torque* yang besar karena memiliki sistem *gear* yang terdiri dari tiga elemen, yaitu : *sun gear*, *carrier gear* dan *ring gear* atau *internal gear*. Sehingga dengan kombinasi ketiga gear tadi menghasilkan torsi yang lebih besar.



Berikut gambar sistem kerja dari *planetary gear* yaitu sebagai berikut :



Gambar 2.12 *Planetary Gear*

(Sumber : www.oriental motor.com/newlatter/PN-Geared.htm)

Gambar 2.12 merupakan bentuk fisik dari motor DC *planetary gear*, berikut gambarnya :



Gambar 2.13 Motor DC dengan *Planetary Gear*

(Sumber : <http://sgmadamotor.en.made-in-china.com/offer/KmqQLCMxggcV/Sell-DC-Planetary-Gear-Motor-with-Encorder-.html>)

Pada dasarnya prinsip kerja motor DC *planetary gear* sama seperti pada motor DC umumnya, hanya saja terdapat sistem *gear* yang membantu motor sehingga memiliki torsi yang besar.

2.7 Roda Omni

Roda *omni* atau roda poli, mirip dengan roda *mecanum*, adalah roda dengan cakram kecil di sekitar lingkaran yang tegak lurus terhadap arah putar. Efeknya yaitu roda dapat digerakkan dengan kekuatan penuh, dan juga akan



meluncur lateral dengan sangat mudah. Roda ini sering digunakan dalam sistem penggerak *holonomic*.



Gambar 2.14 *Omni Wheel*

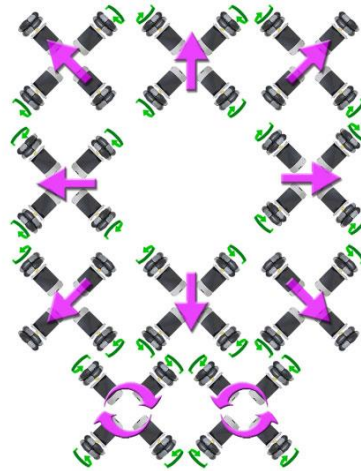
(Sumber : www.brontoseno.com/produk/5inch127mm-double-aluminum-omni-wheel/)

Roda ini sering digunakan dalam robot otonom kecil dalam penelitian robot cerdas dalam akademisi. Dalam proyek-proyek seperti robotika dan robocup, banyak robot menggunakan roda ini memiliki kemampuan untuk bergerak ke segala arah.

Omni wheels dikombinasikan dengan roda konvensional memberikan sifat kinerja yang menarik, seperti pada kendaraan roda enam mempekerjakan dua roda konvensional pada poros pusat dan empat *omni wheels* pada as roda depan dan belakang.

(Sumber : www.en.wikipedia.org/wiki/Omni_wheel)

Berikut adalah salah satu contoh penggunaan dari roda omni yaitu sebagai berikut:



Gambar 2.15 Penggunaan Roda Omni

(Sumber : www.robotshop.com/en/dfrobotshop-omni-rover-rbo-127.html)

2.8 *Mechanical Pneumatic*



Gambar 2.16 Solenoid Valve Pneumatic

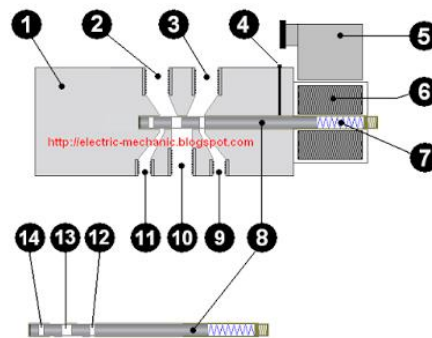
(Sumber : www.brontoseno.com/produk/jelpc-4v210-series-14-52-valves-24volt/)

Solenoid valve pneumatic adalah katup yang digerakan oleh energi listrik, mempunyai kumparan sebagai penggeraknya yang berfungsi untuk menggerakkan *plunger* yang dapat digerakan oleh arus AC maupun DC. *Solenoid valve pneumatic* atau katup (*valve*) solenoida mempunyai lubang keluaran, lubang masukan, lubang jebakan udara (*exhaust*) dan lubang *Inlet Main*. Lubang *Inlet Main*, berfungsi sebagai terminal / tempat udara bertekanan masuk atau *supply* (*service unit*), lalu lubang keluaran (*Outlet Port*) dan lubang masukan (*Inlet Port*), berfungsi sebagai terminal atau tempat tekanan angin keluar yang dihubungkan ke *pneumatic*, sedangkan lubang jebakan udara (*exhaust*), berfungsi untuk mengeluarkan udara bertekanan yang terjebak saat *plunger* bergerak atau pindah posisi ketika *solenoid valve pneumatic* bekerja.



Prinsip kerja dari *solenoid valve*/katup (*valve*) solenoida yaitu katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggerakannya dimana ketika koil mendapat *supply* tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan *plunger* pada bagian dalamnya ketika *plunger* berpindah posisi maka pada lubang keluaran dari *solenoid valve pneumatic* akan keluar udara bertekanan yang berasal dari *supply (service unit)*, pada umumnya *solenoid valve pneumatic* ini mempunyai tegangan kerja 100/200 VAC namun ada juga yang mempunyai tegangan kerja DC.

(Sumber : www.electric-mechanic.blogspot.com/2012/09/prinsip-kerja-solenoid-valve-pneumatic.html)



Gambar 2.17 Struktur Fungsi *Solenoid Valve Pneumatic*

(Sumber : www.electric-mechanic.blogspot.com/2012/09/prinsip-kerja-solenoid-valve-pneumatic.html)

Berikut keterangan gambar *Solenoid Valve Pneumatic*:

- 1 *Valve Body*
- 2 Terminal masukan (*Inlet Port*)
- 3 Terminal keluaran (*Outlet Port*)
- 4 Manual *Plunger*
- 5 Terminal slot *power supply* tegangan
- 6 Kumparan gulungan (*coil*)
- 7 *Spring*
- 8 *Plunger*
- 9 Lubang jebakan udara (*exhaust from Outlet Port*)
- 10 Lubang *Inlet Main*



- 11 Lubang jebakan udara (*exhaust from inlet Port*)
- 12 Lubang *plunger* untuk *exhaust Outlet Port*
- 13 Lubang *plunger* untuk *Inlet Main*
- 14 Lubang *plunger* untuk *exhaust inlet Port*

(Sumber : www.electric-mechanic.blogspot.com/2012/09/prinsip-kerja-solenoid-valve-pneumatic.html)

2.9 Cylinder DNS Series

Silinder pneumatik merupakan salah satu komponen pneumatik yang banyak dipergunakan sebagai *actuator* utama dalam suatu rangkaian otomatis, sebab dalam silinder ini dapat difungsikan sebagai pengangkat dan penarik benda, yang mana gaya angkatnya mempunyai perbandingan sebesar tekanan input standar yang dipakai dibagi luas penampang silinder, dengan persamaan :

$$P = F/A \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

P (tekanan) satuannya N/m^2

F (gaya) satuannya Newton

A (luas penampang) satuannya m^2

Maksud dari persamaan diatas merupakan perhitungan dari kapasitas gaya benda yang akan diangkat dan ditarik oleh silinder.



Gambar 2.18 Cylinder DNS

(Sumber : www.brontoseno.com/produk/dsn-series-stainless-steel-mini-cylinder-16x350-2/)



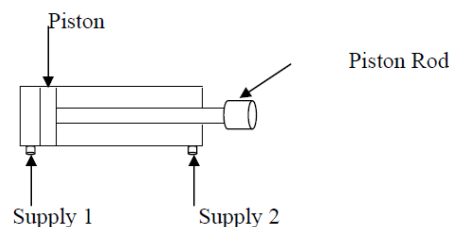
Silinder selain mempunyai kapasitas kekuatan dari gaya angkatnya yang tergantung pada komponen konstruksi bagian dalam silinder. Secara umum komponen tersebut adalah :

1. *Spring* atau pegas
2. *Tube*
3. *Tube seal*
4. *Cylinder head*
5. *Piston*
6. *Piston rod*
7. *Hollow piston rod*

(Sumber : Royen, Abi. 2014. “*Silinder Pneumatic (Pneumatic Cylinder)*”)

Silinder *double acting* memiliki dua saluran *input* dan setiap *input* berfungsi sebagai pengendali dari piston, baik pada saat maju ataupun pada saat mundur. Pada saat piston maju *input* pertama yang berfungsi dan pada saat piston mundur *input* kedua yang berfungsi.

Prinsip kerja utama dari silinder jenis ini tergantung pada gaya yang diterima oleh piston, yang mana pada saat piston *rod* maju, tekanan yang masuk adalah *supply* 1 dan memberikan tekanan pada bagian piston yang ada didalam silinder. Pada saat *piston rod* mundur, tekanan yang masuk adalah *supply* 2 dan memberikan tekanan pada bagian piston yang ada dalam silinder dan silinder ini tidak ada perbedaan gaya dalam prinsip kerjanya.



Gambar 2.19 *Double Acting Cylinder Pneumatic*

(Sumber : Royen, Abi. 2014. “*Silinder Pneumatic (Pneumatic Cylinder)*”)



2.10 Adjustable Voltage Regulator

Adjustable Voltage Regulator adalah regulator tegangan yang dapat diatur nilai outputnya, besarnya nilai pengaturan sesuai dengan karakteristik regulator tegangan yang digunakan.



Gambar 2.20 *Adjustable Voltage Regulator*

(Sumber : www.tokopedia.com/memom/lm2596-dc-dc-adjustable-power-step-down-module)

Pada Gambar 2.20 merupakan *adjustable voltage regulator* atau regulator tegangan yang dapat diatur, pengaturan tegangan output dapat dilakukan dengan memutar nilai hambatan pada *variable resistor* yang terdapat pada rangkaian, tegangan *output* yang dihasilkan dapat diatur antara $1,5V_{DC}$ hingga $35V_{DC}$, arus keluaran 2A, dan tegangan *input* antara $4,5V_{DC}$ hingga $40V_{DC}$.