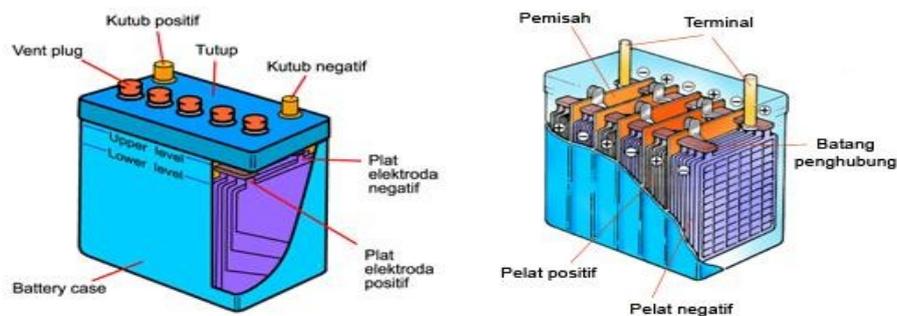


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aki

Aki atau sering disebut *accumulator*, adalah salah satu komponen utama dalam kendaraan yang menggunakan motor, baik mobil atau sepeda motor. Aki dapat digunakan untuk menyimpan dan memberikan tenaga listrik. Aki memiliki kapasitas sebuah sel aki diukur dalam jam-Ampere (Ah), semakin kecil arus ini, semakin besar kapasitasnya. Terdapat 2 jenis aki yaitu aki basah dan aki kering. Aki basah dengan media penyimpanan arus listrik jenis paling umum digunakan. Sel aki dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini :



Gambar 2.1 Sel Aki

(Arnold, von Robert, Elektronika untuk pendidikan teknik. 1987 No. 133,136)

Untuk mengetahui perhitungan berapa lama aki dapat mem-*backup* beban yaitu dengan menggunakan persamaan 2.1 dibawah ini :

$$P = V \times I \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana,

I = Kuat Arus (Ampere)

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

2.2 TFT LCD (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)

2.2.1 Pengertian TFT LCD

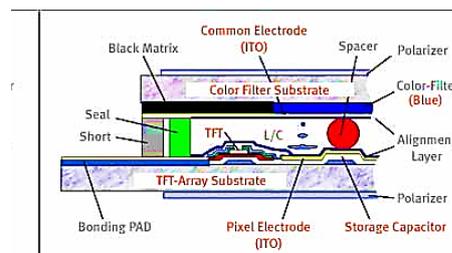
TFT adalah singkatan atau kepanjangan dari *Thin Film Transistor*, merupakan jenis layar *LCD* handphone atau *smartphone* yang umum dari tipe lainnya. Selain itu *TFT* juga dapat diartikan salah satu tipe layar *Liquid Crystal Display (LCD)* yang datar, di mana tiap-tiap pixel dikontrol oleh satu hingga empat transistor. Teknologi ini menyediakan resolusi terbaik dari teknik panel data. *TFT LCD* sering disebut juga *active-matrix LCD*. Layar ini menampilkan gambar yang kaya warna dan permukaannya sensitif terhadap sentuhan. *Touchscreen* jenis *TFT LCD* dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini :



Gambar 2.2 TFT LCD

(<https://layar-lcd-TFT-ips-oled-super-amoled-retina/>)

Jenis layar *TFT*, menawarkan kualitas yang lebih baik, termasuk Gambar dan resolusi lebih tinggi jika dibandingkan dengan generasi layar sebelumnya. Namun layar *TFT* mempunyai keterbatasan pada sudut pandang dan visibilitas yang sempit ketika berhadapan dengan cahaya langsung atau sinar matahari. Tampilan layar *TFT* mengkonsumsi daya baterai yang cukup besar, karenanya kurang bagus untuk pemakaian yang lama. Tipe layar *TFT* biasanya terdapat pada *Smart Phone* kelas awal dengan harga yang lebih murah. Pemetaan *TFT LCD* dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini :



Gambar 2.3 Pemetaan TFT LCD

(http://.elec Freaks.com/store/lcd-tft-c-30_33.html/,2015)

TFT merupakan perangkat semikonduktor yang digunakan untuk memperkuat dan mengubah sinyal elektronik dengan bantuan film tipis dan lapisan dielektrik yang anti-listrik serta elemen kimia pada lapisan selubungnya, yaitu monitor *LCD*.

(<https://layar-lcd-tft-ips-oled-super-amoled-retina/2015>)

TFT LCD dapat menampilkan *character* angka 0 sampai 9 yang dapat digunakan sebagai sistem pengamanan, dari *character* angka tersebut dapat dikonversikan menjadi bilangan *decimal*, *oktadecimal* dan *hexadecimal*. Untuk dapat mengkonversi data-data dari *character* ke *decimal* tersebut dapat menggunakan rumus 2.2 dibawah ini :

$$\text{Numerik} = \text{numerik} * 10 + (\text{data character}) (\text{pccontrol}) \dots\dots\dots (2.2)$$

Apabila jumlah *character* ≥ 2 maka, angka terakhir dari *character* merupakan kode ASCII dan angka kedua dari terakhir merupakan *character* angka yang di x10 kemudian dijumlahkan dengan data ASCII.

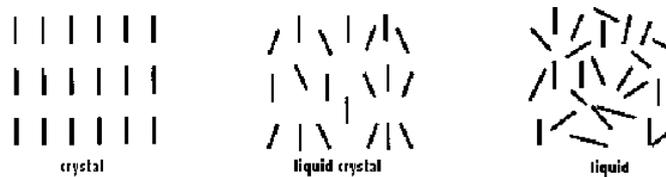
2.2.2 Prinsip Kerja *TFT LCD*

A. Konsep *Liquid Crystal* (Kristal Cair)

Liquid Crystal terdapat dalam bentuk 3 fasa yaitu padat, cair dan gas. Perbedaan antara keadaan - keadaan bahan ini adalah derajat keteraturan dalam bahan, yang mana adalah secara langsung dihubungkan ke suhu sekitar dan tekanan. Molekul-molekul benda padat tersebar secara teratur dan posisinya tidak berubah-ubah, sedangkan molekul-molekul zat cair letak dan posisinya tidak teratur karena dapat bergerak acak ke segala arah.

Pada tahun 1888, seorang ahli botani, Friedrich Reinitzer, menemukan fase yang berada di tengah-tengah antara fase padat dan cair. Fase ini memiliki sifat-sifat padat dan cair secara bersama-sama. Molekul-molekulnya memiliki arah yang sama seperti sifat padat, tetapi molekul-molekul itu dapat bergerak bebas seperti pada cairan. Fase kristal cair ini berada lebih dekat dengan fase cair karena dengan sedikit penambahan temperatur (pemanasan) fasenya langsung berubah menjadi cair. Sifat ini menunjukkan sensitivitas yang tinggi terhadap temperatur. Sifat inilah yang menjadi dasar utama pemanfaatan kristal cair dalam teknologi.

Perbedaan molekul crystal, liquid crystal, dan liquid dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini:

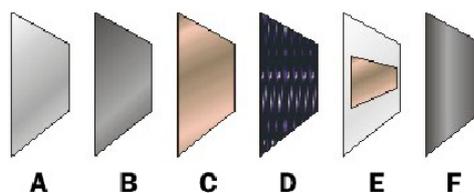


Gambar 2.4 Perbedaan Molekul *Crystal*, *Liquid Crystal*, Dan *Liquid*
(http://www.elec freaks.com/store/lcd-tft-c-30_33.html,2015)

B. Konsep *Nematic Liquid Crystal*

Jenis kristal cair yang digunakan dalam pengembangan teknologi *LCD* adalah tipe *nematic* (molekulnya memiliki pola tertentu dengan arah tertentu). Tipe yang paling sederhana adalah *twisted nematic* (TN) yang memiliki struktur molekul yang terpilin secara alamiah (dikembangkan pada tahun 1967).

Kristal cair TN (D) diletakkan di antara dua elektroda (C) dan (E) yang dibungkus lagi (seperti *sandwich*) dengan dua panel gelas (B dan F) yang sisi luarnya dilumuri lapisan tipis *polarizing film*. Lapisan A merupakan cermin yang dapat memantulkan cahaya yang berhasil menembus lapisan – lapisan *sandwich LCD*. Kedua elektroda dihubungkan dengan baterai sebagai sumber arus. Panel B memiliki polarisasi yang berbeda 90° dari panel F. Penyusunan *TFT LCD* dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini :



Gambar 2.5 Susunan *LCD TFT*

(http://www.elec freaks.com/store/lcd-tft-c-30_33.html,2015)

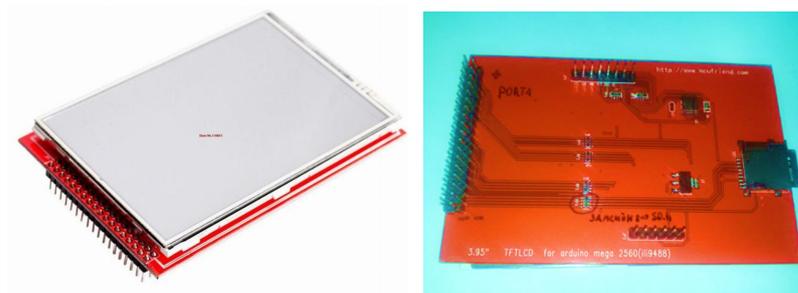
Cahaya masuk melewati panel F sehingga terpolarisasi. Saat tidak ada arus listrik, cahaya lewat begitu saja menembus semua lapisan, mengikuti arah pilinan molekul-molekul TN (90°), sampai memantul di cermin A dan keluar kembali. Tetapi ketika elektroda C dan E (elektroda kecil berbentuk segi empat yang dipasang di lapisan gelas) mendapatkan arus, kristal cair D yang sangat sensitif

terhadap arus listrik tidak lagi terpilin sehingga cahaya terus menuju panel B dengan polarisasi sesuai panel F. Panel B yang memiliki polarisasi yang berbeda 90° dari panel F menghalangi cahaya untuk menembus terus. Karena cahaya tidak dapat lewat, pada layar terlihat bayangan gelap berbentuk segi empat kecil yang ukurannya sama dengan elektroda E (berarti pada bagian tersebut cahaya tidak dipantulkan oleh cermin A).

(Muis, Salaudin. 2013 No.71)

2.2.3 Driver ILI 9488 (*TFT LCD For Arduino Mega 2560*)

ILI9488 adalah satu-chip driver SoC 16.7M yang digunakan pada *TFT LCD* panel dengan resolusi 320 (RGB) x 480 titik. ILI9488 ini terdiri dari 960 buah driver channel sumber, 480 buah driver gate channel, 345.600 bytes GRAM untuk data grafis 320 (RGB) x 480 titik, dan sirkuit listrik. *Driver* ILI 9488 dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini :



Gambar 2.6 *TFT LCD* ILI 9488

(<https://www.solidrop.net/product/5pcs-lot-lcd-module-tft-3-95-inch-tft-lcd-screen-for-arduino-mega-2560-board.html>)

ILI9488 dapat beroperasi dengan 1.65 V I / O tegangan antarmuka dan mendukung berbagai pasokan listrik analog. Itu konservasi daya baterai diinginkan, seperti telepon selular digital, ponsel pintar, MP3 player, personal media player dan perangkat serupa dengan menampilkan grafis warna. Resolusi layar *TFT LCD* ini yaitu 320 (RGB) (H) x 480 (V).

Berikut ini adalah fitur dari Driver *TFT LCD* ILI 9488 :

- Resolusi layar *TFT LCD* ini yaitu 320 (RGB) (H) x 480 (V)
- Mode tampilan warna:
 - ✓ Untuk warna penuh :

- 16.7M warna dengan fungsi sebagai (24-bit data, R: 8-bit, G: 8-bit, B: 8-bit)
- 262K warna (18-bit data, R: 6-bit, G: 6-bit, B: 6-bit)
- ✓ Untuk mode warna dikurangi:
 - 65K warna (16-bit data, R: 5-bit, G: 6-bit, B: 5-bit)
 - 8 warna (3-bit data, R: 1-bit, G: 1-bit, B: 1-bit)
- Tampilan modul:
 - ✓ Ukuran memori 345,600 byte, 320 (RGB) (H) x 480 (V) x 18 bit
 - ✓ Mendukung 960 channel sumber output
 - ✓ Mendukung hingga 480 garis gerbang
 - ✓ Mendukung 24-bit inputan fungsi gambar
- Jenis tampilan antarmuka:
 - ✓ MIPI-DBI (*Display Bus Interface*)
 - Type B (i-80 system), 8-/9-/16-/18-/24-bit bus
 - Type C (Serial data transfer interface, 3/4-line SPI)
 - ✓ MIPI-DPI (*Display Pixel Interface*)
 - Mendukung 24 bit/pixel (R: 8-bit, G: 8-bit, B: 8-bit)
 - Mendukung 18 bit/pixel (R: 6-bit, G: 6-bit, B: 6-bit)
 - Mendukung 16 bit/pixel (R: 5-bit, G: 6-bit, B: 5-bit)
 - ✓ MIPI-DSI (*Display Serial Interface*)
 - Mendukung satu data jalur/*maximum speed* 500Mbps
 - Mendukung DSI version 1.01
 - Mendukung D-PHY version 1.00
- Inputan power
 - ✓ Pasokan daya operasi rendah
 - VDD = 1,65 V - 1.95V (non-regulated masukan untuk logika)
 - IOVCC = 1.65 hingga 3.3V (Interface I/O / Regulated masukan untuk logika)
 - VCI = 2.5 hingga 3.3V (power supply untuk rangkaian analog internal)
 - OTP *programming voltage* (DDVDH) = 7V
- Mode hemat daya:
 - ✓ *Deep-standby mode*
 - ✓ *Sleep mode*

- Maksimum Gerbang *Driving* Tegangan *Output* : 30V p-p.
- Sumber *Driving* Tegangan *Output* : 0-5V.
- RAM berfungsi untuk sinkronisasi *Write*.
- Mendukung pembalikan Baris dan *Frame*.
- Pemilihan *Software* pada pusat layar *Scrolling*, atas layar *Scrolling*, bawah layar *Scrolling* dan seluruh layar *Scrolling*.
- Sumber dan Gerbang kontrol arah pemindaian.
- *On-Chip Voltage* Generator.
- *On-Chip DC-DC Converter* hingga 6x / -6x.
- *Programmable Gamma Correction Curve*.
- *Non-Volatile Memory* (OTP) untuk kalibrasi VCOM.

ILI9488 mencakup rangkaian osilator RC. Pengaturan perintah yang digunakan untuk mengubah frekuensi bingkai. LCD driver Circuit memiliki sumber driver 960-channel (S1 ~ S960) dan maksimal 480 garis gerbang (G1 ~ G480). Ketika 320 (RGB) pixel data adalah input, data pola layar terkunci. Maka tegangan keluarannya berasal dari sumber driver menurut data terkunci.

(ILI teknologi Corp”a-Si TFT LCD Single Chip Driver 320(RGB) x 480 Resolution, 16.7M-color With Internal GRAM”, Edisi V090, No: ILI9488_IDT_V090_20121019.pdf, <http://www.ilitek.com>, 9 Februari 2017 pukul 08.45 WIB)

Beberapa keunggulan dari *TFT LCD* dibandingkan dengan *LCD* biasa dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2.1 Keunggulan *TFT LCD* terhadap *LCD* biasa

<i>TFT LCD</i>	<i>LCD</i> BIASA
Layar ini mampu memberikan resolusi yang cukup baik	Tidak mampu memberikan resolusi yang tinggi
Layar <i>TFT</i> mampu menampilkan gambar yang mengusung ratusan warna	Hanya bisa menampilkan karakter saja tidak bisa menampilkan gambar
Kualitas lebih baik dari pada <i>LCD</i> biasa dan tidak mudah rusak	Kualitas standar (mudah rusak)

Sistem yang terintegrasi antara *LCD* dan Keypad dengan *LCD* dipasang terpisah, *Touchscreen* membuat *TFT LCD* jauh sehingga desain menjadi lebih banyak lebih canggih dan simpel menggunakan tempat

Sedangkan kelemahan *TFT LCD* dengan *LCD* biasa dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini :

Tabel 2.2 Kelemahan *TFT LCD* terhadap *LCD* biasa

<i>TFT LCD</i>	<i>LCD</i> BIASA
Penggunaan <i>TFT LCD</i> pada sistem keamanan industri dirasa kurang efektif	Sangat efektif digunakan pada sistem keamanan pada industri

(www.robotshop.com/media/files/pdf/3.2-tft-lcd-touch-shield-shd032.pdf)

2.3 Modul Joystick

2.3.1 Pengertian Modul Joystick

Modul *joystick* adalah komponen yang berbentuk seperti tuas atau tongkat yang dapat digerakan ke berbagai arah untuk mendapatkan posisi yang diinginkan. Pada umumnya modul ini memiliki 2 *axis* yaitu *axis X* dan *axis Y* dan 1 *push button*. Pengaplikasian modul ini banyak dijumpai pada *joystick game PlayStation, X-Box*, pengendali motor, dan lain - lain. Modul *Joystick Bi-Axial* dapat dilihat pada gambar 2.7 dibawah ini :



Gambar 2.7 Modul *Joystick Bi-axial*

(<http://www.tutorial-arduino-mengakses-modul-joystick.html>, 2017)

Modul *Joystick* ini merupakan jenis *joystick* yang memiliki sumbu ganda atau dengan kata lain dapat membaca masukan gerakan pada 2 sumbu horizontal x dan y secara presisi dan akurat, *joystick* ini juga dapat berfungsi sebagai tombol tekan pada sumbu Z. Modul *joystick Bi-axial* ini adalah tipe yang sama dengan yang digunakan pada sistem kendali analog pada konsol *Sony Playstation*.

2.3.2 Spesifikasi Modul Joystick Bi-axial

Spesifikasi dari modul *joystick Bi-axial* yaitu :

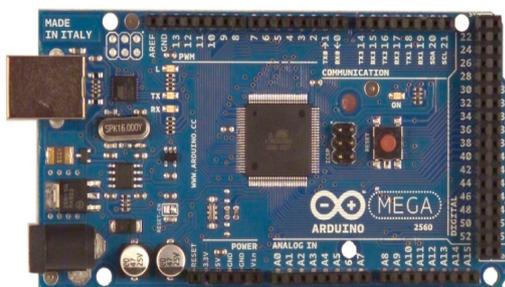
- Terdapat *dual-axis X,Y*
- Dimensi : 4cm x 2.6cm x 3.2cm
- Terdapat 2 *potentiometers* untuk 2 axis
- Terdapat 1 *switch (push button)*
- pin pin kaki: +5Vcc – GND – VRx – VRy – SW

(<http://www.tutorial-arduino-mengakses-modul-joystick.html>, 2017)

2.4 Arduino Mega 2560

2.4.1 Pengertian Arduino

Arduino adalah Board berbasis *Microcontroller* atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip *Microcontroller* dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. *Microcontroller* bertugas sebagai otak yang mengendalikan proses input, dan output sebuah rangkaian elektronik. *Arduino Mega 2560* adalah papan pengembangan *Microcontroller* yang berbasis *Arduino* dengan menggunakan chip ATmega 2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah *PWM*), 16 pin analog input, 4 pin UART (serial port hardware). *Arduino Mega 2560* dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah *Microcontroller*. Papan *Arduino Mega 2560* dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini :



Gambar 2.8 *Arduino Mega 2560*

(*ArduinoMega2560Datasheet.pdf*,2014)

Dengan penggunaan yang cukup sederhana, yaitu dengan menghubungkan power dari USB ke PC atau melalui adaptor AC/DC ke jack DC.

2.4.2 Spesifikasi *Arduino Mega 2560*

Spesifikasi *Arduino Mega 2560* dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini :

Tabel 2.3 Spesifikasi *Arduino Mega 2560*

Chip <i>Microcontroller</i>	<i>ATmega2560</i>
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (yang direkomendasikan, via jack DC)	7V - 12V
Tegangan input (limit, via jack DC)	6V - 20V
Digital I/O pin	54 buah, 6 diantaranya menyediakan <i>PWM</i> output
Analog Input pin	16 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock speed	16 Mhz
Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm
Berat	37 g

(Heri Andrianto, Aan Darmawan, Belajar Arduino, Januari 2016 hal.27-34)

2.4.3 Catu Daya Arduino Mega 2560

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan Catu daya *Eksternal*. Sumber listrik dipilih secara otomatis. *Eksternal (nonUSB)* daya dapat digunakan dari AC-DC adaptor atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan cara menghubungkannya *plug* pusat-positif 2.1 mm ke dalam *board* penghubung listrik. *Lead* dari baterai dapat dimasukkan ke dalam header pin GND dan Vin dari konektor *Power*.

Board dapat beroperasi pada pasokan daya dari 6-20 volt. Jika diberikan pasokan daya kurang dari 7V, maka pin 5V menyuplai kurang dari 5 Volt sehingga *board* tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan bias panas dan merusak board. Rentang yang dianjurkan adalah 7-12 Volt.

Pin catu daya adalah sebagai berikut :

- VIN : Tegangan input ke papan *Arduino* ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai lawan 5 volt dari koneksi USB atau sumber daya diatur lainnya). Anda dapat menyediakan tegangan melalui pin ini, atau, jika memasok tegangan melalui colokan listrik, mengaksesnya melalui pin ini.
- 5V : Catu daya yang diatur digunakan untuk daya *Microcontroller* dan komponen lain di papan tulis. Hal ini dapat datang baik dari VIN melalui *regulator on-board*, atau disediakan oleh USB atau suplai 5V diatur lain.
- 3V3 : Sebuah pasokan 3,3 volt yang dihasilkan oleh *regulator on-board*. Menarik arus maksimum sebesar 50 mA.
- GND : *Ground pins*.

2.4.4 Memory Arduino Mega 2560

Chip ATMega 2560 memiliki 256 KB dari memori *flash* untuk menyimpan kode (8 KB digunakan untuk *bootloader*), 8 KB dari SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM pada saat melakukan pemrograman pada papan / *Board Arduino Mega 2560*).

2.4.5 Input & Output Arduino Mega 2560

Masing-masing dari 54 pin digital pada Mega dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan *pinMode ()*, *digitalWrite ()*, dan *digitalRead ()* fungsi. Mereka beroperasi di 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki resistor *pull-up internal* yang (terputus secara

default) dari 20-50 KOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus: 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 data serial (TX) TTL. Pin 0 dan 1 juga terhubung ke pin dari *ATmega8U2 USB-to-TTL Chip Serial*.

- Interupsi *Eksternal*: 2 (menggangu 0), 3 (menggangu 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, tepi naik atau jatuh, atau perubahan nilai. Lihat *attachInterrupt ()* fungsi untuk rincian.
- *PWM*: 0 13. Memberikan output *PWM* 8-bit dengan fungsi *analogWrite ()*.
- *SPI*: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi *SPI* menggunakan perpustakaan *SPI*. Pin *SPI* juga pecah pada header *ICSP*, yang secara fisik kompatibel dengan Uno, Duemilanove dan Diecimila.
- *LED*: 13. Ada built-in LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin tinggi nilai, LED menyala, ketika pin rendah, itu off.
- *I2C*: 20 (SDA) dan 21 (SCL). Dukungan *I2C (TWI)* komunikasi menggunakan perpustakaan *Kawat* (dokumentasi di website *Wiring*). Perhatikan bahwa pin ini tidak di lokasi yang sama dengan pin *I2C* pada Duemilanove atau Diecimila.

Arduino Mega 2560 memiliki 16 input analog, yang masing-masing menyediakan 10 bit resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara default mereka mengukur dari tanah ke 5 volt, meskipun adalah mungkin untuk mengubah batas atas dari kisaran mereka menggunakan pin *AREF* dan fungsi *AnalogReference ()*. Ada beberapa pin lainnya di papan:

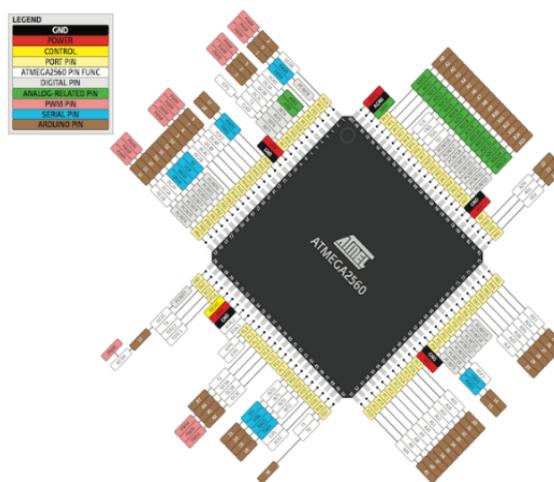
- *AREF*, tegangan referensi untuk *input analog*. Digunakan dengan *analogReference ()*.
- *Reset*, Bawa garis *LOW* ini untuk me-reset *Microcontroller*. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset untuk perisai yang menghalangi satu di papan tulis.

2.4.6 Komunikasi Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, *Arduino* lain, atau *Microcontroller* lainnya. *ATmega2560* menyediakan empat *UART hardware* untuk *TTL (5V)* komunikasi serial. Sebuah

ATmega 8U2 pada saluran salah satu papan 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 papan sebagai port COM secara otomatis).

Perangkat lunak *Arduino* termasuk monitor serial yang memungkinkan data tekstual sederhana yang akan dikirim ke dan dari papan. TRX dan TX LED di papan akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui *ATmega8U2* Chip dan USB koneksi ke komputer (tapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1). Berikut pada gambar 2.9 adalah pemetaan pin *ATMega 2560* :



Gambar 2.9 Pemetaan pin *ATMega 2560*.

(<http://forum.Arduino.cc/index.html>,2014)

Sebuah perpustakaan *Software Serial* memungkinkan untuk komunikasi serial pada setiap pin *digital Mega2560* ini. *ATMega 2560* juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak *Arduino* termasuk perpustakaan Kawat untuk menyederhanakan penggunaan bus I2C. Untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan SPI.

2.4.7 Pemrograman *Arduino Mega 2560*

Arduino Mega dapat diprogram dengan software *Arduino (download)*. *ATMega 2560* pada *Arduino Mega* dengan *bootloader* yang memungkinkan Anda untuk meng-*upload* kode baru untuk itu tanpa menggunakan *programmer hardware eksternal*. Ini berkomunikasi menggunakan asli STK500 protokol (referensi, file

header C). Selain itu juga dapat memotong *bootloader* dan memprogram *Microcontroller* melalui ICSP (*In Circuit Serial Programming*) kepala.

2.4.8 Perangkat Lunak Program IDE Arduino Mega 2560

IDE (*Integrated Development Environment*) adalah program komputer yang memiliki beberapa fasilitas yang diperlukan dalam pembangunan perangkat lunak. Tujuan dari IDE adalah untuk menyediakan semua utilitas yang diperlukan dalam membangun perangkat lunak. Lingkungan *Open-source Arduino* memudahkan untuk menulis kode dan meng-*upload* ke *board Arduino*, ini berjalan pada *Windows, Mac OS X, dan Linux*. Berdasarkan pengolahan, AVR-GCC dan perangkat lunak sumber terbuka lainnya.

(Heri Andrianto, Aan Darmawan, Belajar Arduino, Januari 2016 hal.27-34).

2.5 Relay Pembalik Arus

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan dengan menggunakan sumber tegangan atau arus dan merupakan komponen *Electromechanical* (Elektro mekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni *Elektromagnet (Coil)* dan *Mekanikal* (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). Jika sebuah penghantar dialiri oleh arus listrik, maka di sekitar penghantar tersebut timbul medan magnet. Medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik tersebut selanjutnya diinduksikan ke logam ferromagnetis. Logam ferromagnetis adalah logam yang mudah terinduksi medan elektromagnetis. Ketika ada induksi magnet dari lilitan yang membelit logam, logam tersebut menjadi magnet buatan yang sifatnya sementara. Bentuk relay 5V dapat dilihat pada Gambar 2.10 dibawah ini :



Gambar 2.10 Relay 5 Volt

(<http://fritzing.org/projects/relay-test-circuit-no-nc,2016>)

Relay merupakan komponen listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi medan elektromagnetis sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan

Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan *Armature Relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A. Jadi *Relay* bisa digunakan pada switch tegangan tinggi, *Relay* juga digunakan pada switch dengan arus yang besar, dan melakukan swith pada banyak kontak dalam waktu yang bersamaan.

(<http://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>,2017)

2.6 *Driver Motor*

2.6.1 *Driver Motor H-Bridge MOSFET 48V/350W*

Pada laporan akhir ini jenis *driver motor* atau *controller* yang digunakan yaitu dengan tegangan 48 Volt dan *power* 350 Watt. Driver tersebut dapat dilihat pada gambar 2.11 dibawah ini :



Gambar 2.11 *Driver Motor* atau *Controller* 48 V/350 W

(http://Controller 48V_350W.2015)

Pada gambar 2.11 merupakan jenis *driver motor* atau *controller* yang digunakan pada alat kursi roda elektrik, dalam pengontrolannya digunakan dua buah *controller* 48V/350W untuk dua buah *motor BLDC*. *Driver Motor* atau *controller* 48V/350W ini memiliki peak Arus 17A dengan *MOSFET* yang digunakan untuk *controller* ini adalah *MOSFET* type N75 berjumlah 6 buah transistor *MOSFET*. *Controller* 48V/350W ini digunakan dalam pembuatan alat kursi roda elektrik karena penggunaan dalam pengontrolan motor yang sesuai dengan *motor BLDC* yang digunakan yaitu tegangan 48V dan power 350W.

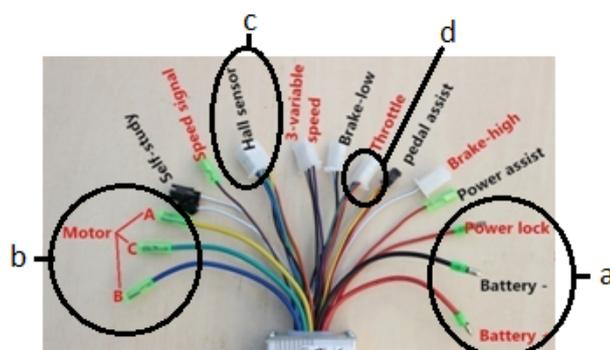
2.6.2 Spesifikasi *Driver Motor H-Bridge MOSFET 48V/350W*

Spesifikasi *Driver Motor/Controller 48V/350W* adalah sebagai berikut :

Spesifikasi:

1. Daya = 350W
2. Tegangan = 36V dan 48V
3. Jenis FET = P75NF75
4. Jumlah FET = 6 FET
5. Ampere = 16A
6. Fitur lain = E-brake, alarm controll, speedometer digital
7. Input trotle = 1,2V sampai 4,2V
8. Derajat motor = 120⁰
9. Fitur :
 - a. *Sensorless BLDC Controller, dual mode.*
 - b. *Low level brake*
 - c. level Pembatas kecepatan, 80%, 100% dan 120%
 - d. *Pedal Assist Sensor*
 - e. *3 speed limiter*
 - f. *Indicator battery*
 - g. kalibrasi *self study*, (normal foward dan normal backward)
 - h. *Switch* maju-mundur dapat berfungsi normal di motor 60 derajat (ex:dinamo TIGER)

Keterangan kabel-kabel warna *Controller 48V/350W*, dapat dilihat pada gambar 2.12 dibawah ini :



Gambar 2.12 Nama-nama kabel pada *Controller 48V/350W*.

(<http://www.electricisart-bogipower.com.2014.html>)

Pada gambar 2.12 menunjukkan keterangan masing-masing fungsi kabel-kabel warna tersebut, masing-masing kabel tersebut terdiri dari :

a. Kabel *Power*.

Kabel merah besar, kabel hitam besar, dan kabel merah kecil.

b. Kabel 3 *phase Motor*.

Kabel biru besar, kabel hijau besar, dan kabel kuning besar. Ketiga kabel masing-masing tersebut terhubung ke *Motor*.

c. Kabel *Hall Sensor*. (Socket 6 isi 5)

Kabel merah (+5V), kabel hitam (-), kabel kuning, kabel biru, dan kabel hijau. Dihubungkan dengan 5 kabel *Hall Sensor* dari motor.

d. *Throttle/ handle gas*. (Socket isi 3)

Kabel merah (+5V), kabel hitam(-), dan kabel abu-abu.

e. Fitur-fitur pelengkap *Driver Motor/Controller 350W/48V*.

- *Break-Low* (Socket isi 2) : Kabel hijau dan kabel hitam. Untuk rem.
- *Self-Study* : 2 kabel putih. Sebagai kalibrasi arah putaran.
- *Speed Signal* : Kabel coklat. Sebagai penampil kecepatan *motor*
- *Pedal Assist* : Kabel merah, dan kuning. Sebagai arah putaran berlawanan arah jarum jam.

(Blocher, Richard, Dasar Elektronika, Vol.1. No. 143-145)

2.7 Motor Listrik BLDC

2.7.1 Pengertian Motor Listrik BLDC

Motor arus searah adalah sebuah motor yang membutuhkan tegangan dc untuk menjalankannya. Pada umumnya motor jenis ini menggunakan sikat dan mengoperasikannya sangat mudah tinggal dihubungkan dengan *Battery* sehingga motor langsung berputar. Jenis motor ini memerlukan perawatan pada sikatnya serta banyak terjadi rugi tegangan pada sikat. Sehingga pada era sekarang ini *motor DC* dikembangkan tanpa menggunakan sikat yang dikenal dengan *motor BLDC* (*Brush Less Direct Current Motor*). Motor ini dipilih karena efisiensi yang tinggi, suaranya halus, ukuran kompak, keandalan yang tinggi dan perawatan yang rendah. Motor ini lebih disukai untuk berbagai aplikasi, namun kebanyakan dari mereka

memerlukan kontrol tanpa sensor. Pengoperasian *motor BLDC* membutuhkan sensor posisi rotor untuk mengendalikan arusnya.

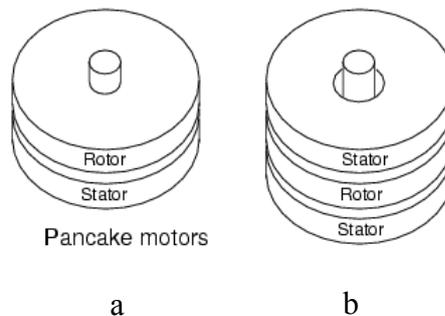
Motor BLDC adalah salah satu jenis motor sinkron magnet permanen yang disuplai oleh sumber listrik DC pada kontrolnya, dan membutuhkan sumber listrik AC tiga fasa untuk menggerakkan bagian rotor motornya. Tampilan *motor BLDC* dapat dilihat pada gambar 2.13 dibawah ini :



Gambar 2.13 *Motor BLDC*

([http// Electric-bike-Hub-motor-BLDC-bicycle-motor-BLDC-350w.html/2015](http://Electric-bike-Hub-motor-BLDC-bicycle-motor-BLDC-350w.html/2015))

Motor BLDC terdiri dari 3 jenis motor berdasarkan banyaknya fasa, antara lain *motor BLDC* 1 fasa, 2 fasa, dan 3 fasa. Mengacu pada jenisnya, stator pada *motor BLDC* memiliki jumlah yang sama dengan belitannya. Tampilan *motor BLDC* 1 fasa dan 2 fasa dapat dilihat pada gambar 2.14 dibawah ini :



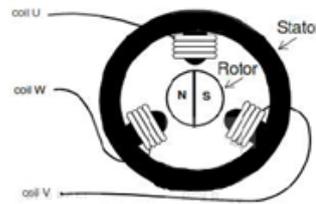
Gambar 2.14 *Motor BLDC*

(a) 1 fasa,

(b) 2 fasa

(Ridhwan, Taufiq. 2012)

Sedangkan untuk *motor BLDC* 3 fasa dapat dilihat pada gambar 2.15 dibawah ini :



Gambar 2.15 *Motor BLDC* 3 fasa
(Ridhwan, Taufiq. 2012)

2.7.2 Cara Kerja *Motor BLDC*

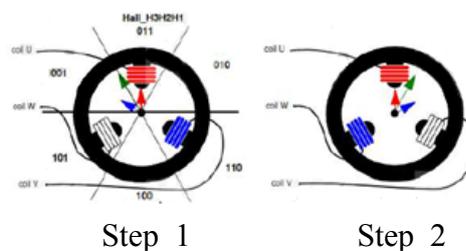
Berdasarkan prinsip kerja dari *motor BLDC* dan cara kerja pengisian koil pada *motor BLDC*, maka cara kerja dari *motor BLDC* dapat dideskripsikan. Sebelum mendeskripsikan cara kerja dari *motor BLDC* ini, kita harus memperhatikan tabel perubahan komutasi motor berdasarkan nilai *sensor hall*. Perubahan komutasi pada *motor BLDC* dapat dilihat pada tabel 2.4 dibawah ini :

Tabel 2.4 Perubahan komutasi motor berdasarkan nilai *sensor hall*

Hall Sensors Value (H3 H2 H1)	Phase	Switches
101	U-V	Q1:Q4
001	U-W	Q1:Q6
011	V-W	Q3:Q6
010	V-U	Q3:Q2
110	W-U	Q5:Q2
100	W-V	Q5:Q4

(Ridhwan, Taufiq. 2012)

Cara kerja *motor BLDC*, dapat dilihat pada gambar 2.16 dibawah ini :

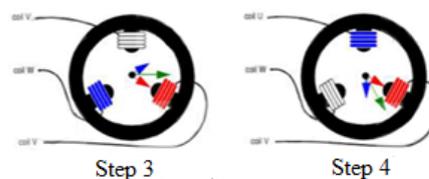


Gambar 2.16 Perubahan komutasi motor step 1 dan step 2

(Ridhwan, Taufiq. 2012)

Perhatikan Tabel 2.4 dan Gambar 2.16, Perubahan komutasi motor berdasarkan nilai *sensor hall*. Pada kolom nilai *sensor hall*, nilai tersebut berasal dari *motor BLDC* dan merupakan konstanta tahapan atau step dari komutasi motor tersebut. Komutasi menghasilkan medan putar sehingga agar motor bisa berputar harus dilakukan secara bertahap sesuai nilai *sensor hall*. Pada **step 1**, fasa U dihubungkan ke kutub positif baterai pada bus motor DC brushless melalui (Q1), lalu fasa V dihubungkan ke netral ground melalui (Q4), untuk fasa W tidak diberikan sinyal, 2 buah vektor fluks dihasilkan oleh fasa U (panah merah) dan fasa V (panah biru). Jumlah kedua vektor tersebut menghasilkan vektor fluks pada stator (panah hijau) dimana rotor akan berusaha mengikuti arah fluks stator tersebut. Pada kondisi ini motor sedang *standby* untuk berputar, ketika posisi rotor sudah mencapai posisi tertentu yang diberikan, maka nilai pernyataan logika pada Hall sensor berubah dari “101” ke “001” dan pola tegangan baru tercipta pada motor *BLDC* dimana fasa V sekarang tidak diberikan sinyal tetapi fasa W yang sekarang terhubung ke netral ground (Q6), dan fasa U tetap di posisi terhubung ke positif melalui (Q1) dimana posisi vektor fluks stator (panah hijau) sekarang berada pada posisi yang ditunjukkan Gambar step 2.

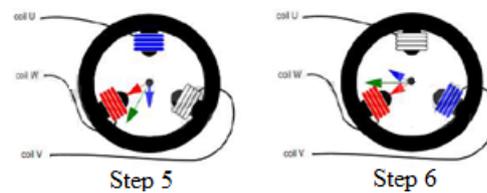
Dengan mengacu pada Gambar 2.16 dan Tabel 2.4, kita sekarang dapat menentukan switch (Q) mana saja yang aktif ketika fasa tertentu yang akan diberikan sinyal sehingga arah putaran rotor dapat terlihat. Pada step 3 fasa yang aktif adalah V-W yang artinya fasa V terhubung ke kutub positif melalui (Q3) dan fasa W terhubung ke netral ground melalui (Q6) sedangkan fasa U tidak diberikan sinyal sehingga posisi vektor fluks stator berada pada posisi tersebut. Lanjut ke step 4 fasa yang aktif adalah V-U yang artinya fasa V tetap terhubung ke kutub positif melalui (Q3) dan fasa U terhubung ke netral ground melalui (Q2) sedangkan fasa W tidak diberikan sinyal sehingga rotor terus berputar ke arah fluks stator pada step 4 yang dapat dilihat pada gambar 2.17 dibawah ini :



Gambar 2.17 Perubahan komutasi motor step 3 dan step 4

(Ridhwan, Taufiq, 2012)

Mengacu pada Gambar 2.17 dan Tabel 2.4, step 5 dan step 6 terlihat fase lain lagi yang diberikan sinyal. Pada step 5 fase yang diaktifkan adalah fase W-U yang artinya fase W terhubung ke kutub positif melalui (Q5) dan fase U terhubung ke netral ground melalui (Q2) sedangkan fase V tidak diberikan sinyal sehingga arah putaran rotor terus mengikuti arah vector fluks stator yang dihasilkan. Pada step 6, terjadi proses yang sama dengan step-step sebelumnya, fase yang diaktifkan adalah W-V yang artinya fase W terhubung ke kutub positif melalui (Q5) dan fase V terhubung ke netral ground melalui (Q4) sedangkan fase U tidak diberikan sinyal dan selanjutnya proses putaran kembali lagi ke step 1 dapat dilihat pada gambar 2.18 dibawah ini :



Gambar 2.18 Perubahan komutasi motor step 5 dan step 6
(Ridhwan, Taufiq, 2012)

2.7.3 Bagian – Bagian Motor BLDC

A. Kontroler, Driver dan Inverter

Kontroler, Driver dan Inverter merupakan bagian terpenting pada motor BLDC karena berfungsi sebagai pengendali dan penggerak putaran pada motor tersebut. Kontroler, Driver dan Inverter merupakan komponen - komponen elektronik yang dirangkai menjadi satu kesatuan sistem dalam mengendalikan motor BLDC. Pada kontroler komponen utamanya yaitu *Microcontroller*, karena pengendaliannya berbasis *Microcontroller*, maka digunakan *Microcontroller* yang telah deprogram. Sedangkan pada driver, komponen utamanya yaitu gabungan dari beberapa *MOSFET*. Kontroler berperan sebagai pengendali kecepatan putaran dengan cara mengatur kerja driver dan inverter. Driver berperan untuk *switching* pada motor BLDC.

B. Stator

Stator merupakan bagian yang diam atau bersifat statis pada motor, yang berfungsi sebagai medan putar motor untuk memberikan gaya elektromagnetik pada rotor sehingga motor dapat berputar. Tampilan rotor pada *motor BLDC* bisa dilihat pada gambar 2.19 dibawah ini :



Gambar 2.19 Stator pada *motor BLDC*

(Ridhwan, Taufiq, 2012)

Pada *motor BLDC* statornya terdiri dari 12 belitan (Elektro magnet) yang bekerja secara elektromagnetik dimana stator pada *motor BLDC* ini terhubung dengan tiga buah kabel yang masing-masing mewakili fasa untuk disambungkan pada rangkaian kontrol sedangkan pada *motor DC* konvensional statornya terdiri dari dua buah kutub magnet permanen.

Ketika *motor BLDC* sudah dibuat pada jumlah lilitan stator dan besarnya medan magnet yang dihasilkan nilainya sudah dibuat konstan sehingga yang mempengaruhi besarnya EMF balik adalah besarnya kecepatan sudut yang dihasilkan motor, semakin besar kecepatan sudut yang dihasilkan maka semakin besar pula EMF balik yang dihasilkan oleh motor. Perubahan besarnya EMF balik ini mempengaruhi torsi *motor BLDC*, apabila kecepatan motor yang dihasilkan melebihi kecepatan rata-rata, maka akan mengakibatkan EMF balik yang dihasilkan oleh motor lebih besar daripada tegangan potensial pada belitan stator sehingga arus yang mengalir pada stator akan turun dan torsi pun menjadi ikut turun pula. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan persamaan rumus torsi pada *motor BLDC* pada persamaan 2.3, 2.4, dan 2.5 dibawah ini :

$$T = K \cdot \Phi \cdot I_a \text{ (Nm)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Atau

$$T = m/v \text{ (Nm)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Atau

$$T = P / (n \cdot \omega \cdot 60) \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

T = Torsi motor (Nm)

K = Konstanta Persamaan

Φ = Fluks magnet (Tesla)

Ia = Arus jangkar (Ampere)

m = Berat Beban/Massa (kg)

v = Kecepatan (m/s)

P = Daya Motor (Watt)

n = Putaran Motor (Rpm)

$\omega = 2\pi f$ (rad)

Karena berbanding lurus dengan faktor-faktor lain yang mempengaruhi torsi maka kenaikan dan penurunan arus sangat berpengaruh pada besarnya torsi yang dihasilkan *motor BLDC*.

C. Rotor

Rotor merupakan bagian penting juga pada motor yang berfungsi untuk menggerakkan atau membuat motor berputar. Perputaran tersebut terjadi akibat adanya gaya elektromagnetik yang dihasilkan oleh stator. Bentuk rotor pada *motor BLDC* dapat dilihat pada gambar 2.20 dibawah ini :



Gambar 2.20 Rotor *Motor BLDC*

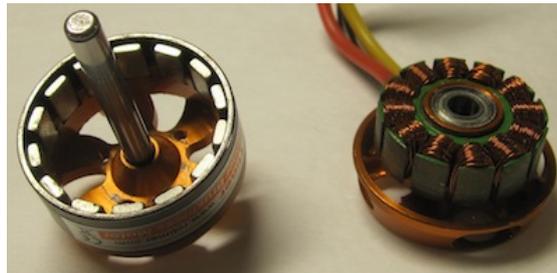
(Ridhwan, Taufiq, 2012)

Rotor pada *motor BLDC* berbeda dengan rotor pada *motor DC* konvensional. Pada *motor DC* konvensional rotornya tersusun dari 1 buah elektromagnet yang berada diantara *brushes* (sikat) yang terhubung pada 2 buah elektroda yang terangkai ke suplai DC. Sedangkan pada *motor BLDC* bagian

rotornya tersusun dari 2 hingga 8 pasang kutub magnet permanen berbentuk persegi panjang yang saling direkatkan menggunakan semacam “*epoxy*” dan tidak memiliki sikat.

D. *Axle*

Axle atau sumbu adalah batang yang berfungsi sebagai sumbu putar motor, terpusat pada rotor dan dirangkai bersama rotor. Pada gambar 2.21 dibawah ini merupakan bentuk *Axle motor BLDC*.



Gambar 2.21 *Axle motor BLDC*

(Ridhwan, Taufiq, 2012)

E. *Sensor hall*

Sensor hall merupakan sensor yang berada pada *motor BLDC* yang berfungsi untuk memberikan *feedback* (umpan balik) pada rangkaian kontrol yang bersifat elektronik yang akan mengendalikan perubahan komutasi pada *motor BLDC*. Hal tersebut dikarenakan *motor BLDC* bagian stator harus diberikan sinyal secara berurutan sesuai perubahan komutasi. *Sensor hall* pada *motor BLDC* dapat dilihat pada gambar 2.22 dibawah ini :



Gambar 2.22 *Sensor Hall*

(Ridhwan, Taufiq, 2012)

Pada bagian inilah peran dari *sensor hall* dibutuhkan untuk mendeteksi bagian koil atau fasa pada rotor yang telah diberikan sinyal oleh fluks magnet sehingga proses dari perubahan komutasi yang terdiri dari 6 step komutasi dapat dilakukan oleh stator dengan tepat karena *sensor hall* ini dipasang menempel pada stator. Prinsip kerja *sensor hall* sendiri membutuhkan arus yang mengalir terus, jika dibutuhkan kerja sebagai pendeteksi fluks magnet.

Bila *motor BLDC* menggunakan *sensor hall* sebagai sensor posisi atau kedudukan, maka dibutuhkan faktor atau elemen penting untuk mendukung kerja dari *sensor hall* tersebut. Berhubung *motor BLDC* yang akan dikendalikan berbasis *Arduino Mega 2560*, maka dari *sensor hall* akan memberikan sinyal input kepada *Arduino Mega 2560* agar *Arduino Mega 2560* yang telah diprogram dapat bekerja mengendalikan *motor BLDC*.

2.7.4 Kelebihan dan kekurangan *Motor BLDC* Dibandingkan *Motor Brushed DC*

Motor BLDC mampu meminimalisir kekurangan pada *motor brushed DC*. Adapun beberapa keunggulan atau kelebihan *motor BLDC* antara lain :

1. Jumlah elektromagnet pada stator banyak sehingga memungkinkan kontrol yang lebih akurat.
2. Tidak akan mudah rusak pada sikat setelah lama pemakaiannya, Karena tidak memiliki sikat.
3. Pendinginan pada motor lebih mudah karena posisi elektromagnet pada stator.
4. Tidak adanya *snoring/electrical noise* yaitu suara bising akibat gesekan antara udara antara sikat dengan rotor.
5. Karena tidak memiliki sikat, dan *motor BLDC* bersifat komutasi elektrik, sehingga yang mengontrol perpindahan arus yaitu dengan *Microcontroller*. Dengan demikian akan membuat perpindahan arus tersebut lebih akurat (presisi). Pada *Microcontroller* juga dapat mengatur kecepatan motor, sehingga akan menjadi lebih efisien.

Sedangkan kelemahan atau kekurangan *motor brushed DC* dibandingkan dengan *motor BLDC* antara lain :

1. Motor sikat apabila terlalu sering digunakan, lama kelamaan sikatnya akan rusak.

2. Karena sikat memutus dan menghubungkan antara sistem dengan motor, maka akan menimbulkan *snoring/electrical noise*.
3. Sikat pada motor membatasi kecepatan maksimum motor.
4. Sikat juga membatasi jumlah kutub magnet yang dapat diinstalasi.
5. Pendinginan motor lebih sulit, karena posisi elektromagnet berada ditengah-tengah rotor.