

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Perkembangan Mobil Listrik

Mobil listrik merupakan jenis mobil yang menggunakan listrik sebagai sumber energinya untuk bergerak. Energi disimpan pada baterai atau aki sebagai tempat penyimpanannya [4].

Mobil modern pertama dibuat oleh Karl Benz pada tahun 1885, namun puluhan tahun sebelumnya konsep mengenai mobil listrik sudah mulai ada. Pada abad ke 18, sudah banyak ilmuwan atau inovator dari Hungaria, Belanda dan Amerika mulai berfokus dengan konsep kendaraan bertenaga baterai dan menciptakan beberapa mobil listrik skala kecil [5].

Akhir abad ke 18 di Amerika, mobil listrik buatan William Morrison yang dikenal sebagai ahli kimia sukses memulai debutnya pada tahun 1890. Kendaraan buaatannya mampu menampung hingga enam orang penumpang dan melaju dengan kecepatan 22 km/jam.

Meskipun memiliki kecepatan yang rendah, tapi mobil listrik memiliki banyak kelebihan dibandingkan kompetitornya di awal 1900-an. Mobil listrik tidak menimbulkan getaran, mobil listrik juga tidak mengeluarkan gas buang yang berbau, dan tidak berisik bila dibandingkan dengan mobil bensin. Selain itu, mobil listrik tidak memerlukan perpindahan gigi, dimana pada mobil bensin hal inilah yang menjadi penghambat besar dalam mengemudikannya. Mobil listrik pada masa itu juga digunakan oleh orang-orang kaya yang menggunakannya sebagai mobil kota, sehingga keterbatasan jarak bukanlah hambatan besar. Kelebihan lainnya, mobil listrik juga tidak membutuhkn usaha keras untuk menyalakannya, tidak seperti mobil bensin yang membutuhkan tuas tangan untuk menyalakan mobilnya.

Mobil listrik pada masa itu dianggap sebagai mobil yang cocok untuk pengemudi wanita karena kemudahan dalam mengoperasikannya.



Gambar 2.1 Mobil Listrik Pertama Buat William Morison
(Sumber : <https://www.penemu.co/ini-penemu-mobil-listrik-dan-sejarahny/>)

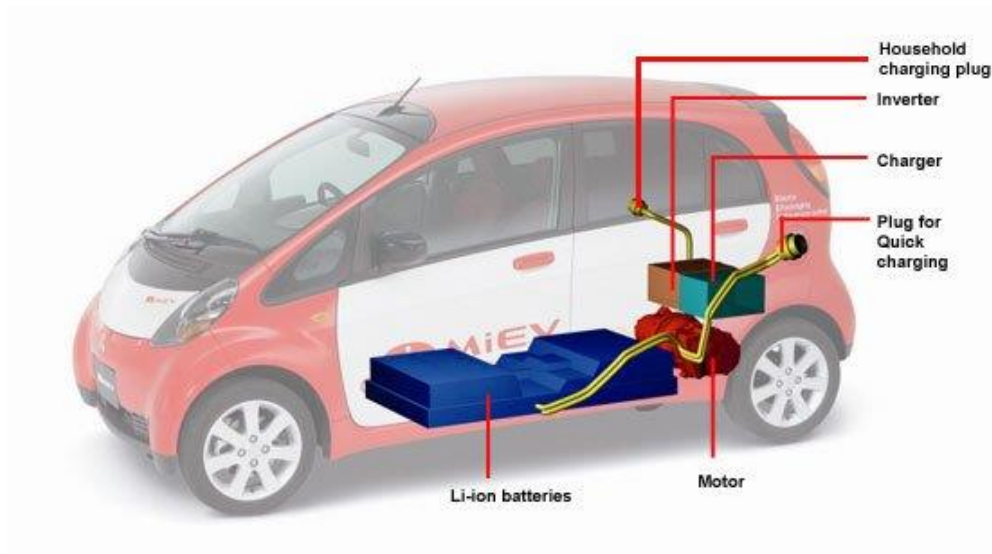
2.1.1 Karakteristik Mobil Listrik Secara Umum

Umumnya mobil listrik terdiri dari tiga sub-sistem utama :

- Sistem penggerak motor listrik
Berisi tentang pengendali mobil, konverter elektronika daya, motor listrik, dan transmisi
- Sistem baterai
Berisi tentang baterai, sistem manajemen baterai, dan unit pengisian
- Sistem pembantu
Berisi tentang pemanas/pendingin pompa elektronika, sensor – sensor, dan pembantu elektronika lainnya.

2.1.2 Prinsip Kerja Mobil Listrik

Daya Listrik yang bersumber dari listrik PLN atau Generator lewat alat pengisian (Charger) yang berperan untuk merubah arus bolak balik (AC) jadi arus searah (DC) sesuai sama dengan keperluan pengisian dari baterai lewat dua buah kabel yakni positif serta negatif untuk isi baterai. Baterai terbagi dalam 6 unit dan dipasang dengan cara koneksi seri.



Gambar 2.2 Sistematis Mobil Listrik Baterai
(Sumber : <https://www.teknovanza.com/2014/02/>)

Setelah baterai penuh, listrik yang tersimpan pada baterai bisa dipakai untuk memutar motor penggerak lewat solenoid yang mempunyai 2 terminal yang berperan menyambung serta memutus di mana terminal positif pada baterai dipasang pada satu diantara terminal pada solenoide dikaitkan ke kendali kecepatan, di mana solenoide ini dikendalikan oleh dua buah saklar sebagai pembatas yang di gunakan pada sistem gas serta rem yang cuma bisa berperan sesudah kunci kontak dinyalakan.

2.2 Webcam

2.2.1 Pengertian Webcam

Webcam singkatan dari *web camera* salah satu perangkat multimedia terdiri dari kamera untuk mengabadikan citra/gambar dan mikropon sebagai perekam suara yang dikendalikan oleh komputer. Sehingga *webcam* dapat melakukan *video view*, dan *video capture* [6]. Istilah *webcam* merujuk pada teknologi secara umumnya, sehingga kata *webcam* kadang-kadang diganti dengan kata lain yang memberikan pandangan yang ditampilkan di kamera. Kamera web dapat diartikan juga sebagai sebuah kamera video digital kecil yang

dihubungkan ke komputer melalui *port USB*, *port COM* atau dengan jaringan *Ethernet* atau *Wi-Fi*. Contoh *webcam* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Webcam Logitech C270

(Sumber : <https://www.bhinneka.com/logitech-hd-c270-960-000627-skusku00211036>)

2.2.2 Fungsi Webcam

Fungsi dari *webcam* telah kita ketahui yaitu untuk memudahkan kita dalam mengolah pesan cepat seperti *chat* melauai video atau bertatap muka melalui video secara langsung. *Webcam* juga berfungsi sebagai alat untuk men-*transfer* sebuah media secara langsung, namun perlu disadari kebanyakan pengguna menggunakan piranti ini hanya untuk *chat video*.

2.2.3 Cara Kerja Webcam

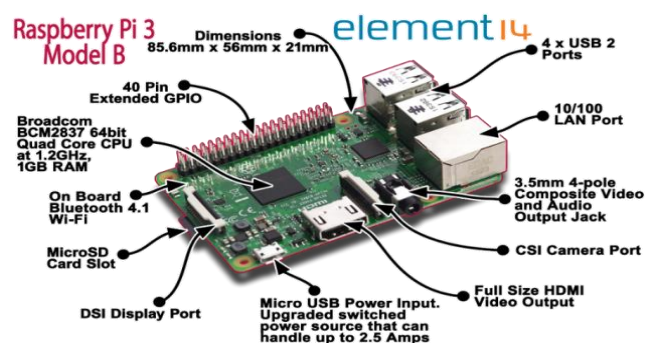
Webcam bekerja dengan menangkap cahaya lewat lensa berukuran kecil di bagian depan dengan bantuan detektor cahaya mikroskopik yang terpasang pada *microchip* penerima gambar, yang umumnya berteknologi *Charge-Couple Device* (CCD) atau *CMOS image sensor*. Gambar yang didapat pun langsung dapat diolah secara digital. *Webcam* dirancang untuk tidak perlu “menyimpan” gambar karena fungsi utamanya hanya merekam dan mengirimkan gambar yang diperoleh secara langsung.

2.2.4 Fitur Webcam Logitech C270 HD

- Video call sampai dengan resolusi 1280 x 720 pixels, dengan sistem yang direkomendasikan
- Capture video sampai resolusi 1280 x 720 pixels
- Teknologi Logitech Fluid Crystal™
- Kualitas foto bisa sampai 3.0 megapixels (dengan software)
- Hi-Speed USB 2.0 certified
- Universal clip fits laptops, LCD atau CRT monitor
- Face tracking
- Motion detection

2.3 Raspberry Pi

Raspberry Pi (juga dikenal sebagai RasPi) adalah sebuah SBC (*Single Board Computer*) seukuran kartu kredit yang dikembangkan oleh Yayasan *Raspberry Pi* di Inggris (UK). *Raspberry Pi* menggunakan *system on a chip* (SoC) dari *Broadcom* BCM2835 hingga BCM 2837 (*Raspberry Pi* 3), juga sudah termasuk *prosesor* ARM1176JZF-S MHz bahkan 1.2GHz 64-bit *quad-core* ARMv8 CPU untuk *Raspberry Pi* 3, GPU VideoCore IV dan kapasitas RAM hingga 1 GB [7]. Tidak menggunakan hard disk, namun menggunakan SD Card untuk proses booting dan penyimpanan data jangka-panjang dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Raspberry Pi Model B

(Sumber: <http://www.raspberrypi.org/products/model-b-plus/>)

1. *Broadcom BCM2835 ARM11 700Mhz* merupakan otak dari *Raspberry Pi B*.
2. HDMI out *HDMI 1.3 a-compliant* mendukung sinyal HDMI dan DVI-D.
3. *CSI connector camera*, dengan 15 pin *flat flex* kabel *header* untuk *CSI-2 interface MIPI* Aliansi. Standar antarmuka *CSI* mendefinisikan standar antarmuka serial searah untuk perangkat kamera *CSI-compliant*.
4. *Ethernet Out* (hanya dalam model 256 Mb) Mendukung fungsi *Wakeon-LAN* dan *TCP / UDP* - *USB 2.0* Fungsi *USB* disediakan oleh *SMSC LAN9512* pada kedua Model *A* dan Model *B*. *LAN9512* adalah paket menarik dan cara yang sangat baik untuk *V* menghemat ruang *PCB*. *Port USB* pada *Pi* adalah *USB 2.0* dengan maksimum menarik arus yang disarankan 100 mA.
5. *Status LED* Memiliki 4 *Led* sebagai *indicator status* dari setiap fungsi pada *Raspberry Pi*. *D5* menyala hijau menjelaskan *system/ akses* terkoneksi dengan *SD card*, *D6* menyala merah menjelaskan *power* terkoneksi, 3.3V. *D7* menyala hijau sebagai *full duplex, half duplex* jika *LED* padam. *D8* menyala hijau menjelaskan *link activity* untuk *LAN*.
6. *AUDIO OUPUT* sebagai *stereo audio output*.
7. *JTAG Header JTAG interface* digunakan untuk memprogram *chip SoC* dan *chip SMSC* didalam *board*. Pabrikan juga menggunakan *JTAG* untuk menguji hardware pada saat pembuatannya.
8. *RCA Video output* sebagai *video output cadangan* pada *Raspberry Pi* apabila fungsi *HDMI* tidak digunakan.
9. *GPIO Header* terdiri dari 40 pin yang berfungsi untuk pengontrolan suatu perangkat yang dikontrol oleh suatu perangkat lunak baik dikonfigurasi sebagai pin input maupun sebagai pin output. Fitur-fitur pada *GPIO* diantaranya: pin *I2C*, pin *RX TX*, pin *PWM*, pin *PPM* dan disediakan pin dengan tegangan 5V dan 3.3V. Semua pin pada *GPIO* memiliki tingkat logika 3.3V.

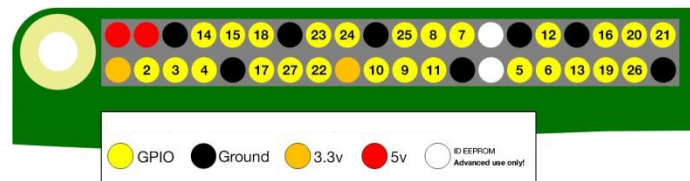
10. *DSI Display connector*, dengan 15 pin *flat flex* yang tampak persis dengan dega *CSI-2 interface*, biasanya digunakan untuk display LCD seperti LCD pada ponsel. DSI juga dapat digunakan sebagai I2C.
11. *SD card slot* sebagai *slot* untuk SD card atau *slot* mikro SD, yang berisikan OS untuk di akses oleh pengguna Raspberry Pi B.
12. *Micro USB power*, dengan power input 5V 1A DC untuk memenuhi kebutuhan tegangan dan arus pada Raspberry Pi B.

2.3.1 GPIO Raspberry Pi 3

GPIO merupakan sederet pin yang terdiri dari 40 pin dengan berbagai fungsi. Salah satu fitur yang kuat dari Raspberry Pi adalah deretan GPIO (tujuan umum input / output) pin di sepanjang tepi atas pin board. These adalah antarmuka fisik antara Pi dan dunia luar. Pada tingkat yang paling sederhana, Anda dapat menganggap mereka sebagai switch yang Anda dapat mengaktifkan atau menonaktifkan (input) atau bahwa Pi dapat mengaktifkan atau menonaktifkan (output).

Dari 40 pin, 26 pin GPIO dan yang lain adalah pin *power* atau *ground* (ditambah dua pin ID EEPROM yang tidak harus anda gunakan). Anda dapat memprogram pin untuk berinteraksi dengan cara yang menakjubkan dengan dunia nyata. Input tidak harus berasal dari saklar fisik; itu bisa menjadi masukan dari sensor atau sinyal dari komputer lain atau perangkat, misalnya. output juga dapat melakukan apa saja, dari menyalakan LED untuk mengirim sinyal atau data ke perangkat lain.

Jika Raspberry Pi adalah pada jaringan, Anda dapat mengontrol perangkat yang terhubung padanya dari mana saja (Tidak secara harfiah di mana saja, tentu saja. Anda perlu hal-hal seperti akses ke jaringan, jaringan yang mampu perangkat komputasi, dan listrik.) dan perangkat-perangkat dapat mengirim data kembali. Konektivitas dan kontrol dari perangkat fisik melalui internet adalah hal yang sangat kuat dan menarik, dan Raspberry Pi ideal untuk ini. GPIO *Raspberry Pi 3* dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Raspberry Pi GPIO pin

(Sumber : <https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio-plusnd-raspi2/>)

Penjelasan lebih lanjut mengenai fungsi masing-masing PIN GPIO pada *Raspberry Pi 3* adalah sebagai berikut:

Raspberry Pi 3 GPIO Header					
Pin#	NAME		NAME	Pin#	
01	3.3v DC Power	●	DC Power 5v	02	
03	GPIO02 (SDA1 , I ² C)	●	DC Power 5v	04	
05	GPIO03 (SCL1 , I ² C)	●	Ground	06	
07	GPIO04 (GPIO_GCLK)	●	(TXD0) GPIO14	08	
09	Ground	●	(RXD0) GPIO15	10	
11	GPIO17 (GPIO_GEN0)	●	(GPIO_GEN1) GPIO18	12	
13	GPIO27 (GPIO_GEN2)	●	Ground	14	
15	GPIO22 (GPIO_GEN3)	●	(GPIO_GEN4) GPIO23	16	
17	3.3v DC Power	●	(GPIO_GEN5) GPIO24	18	
19	GPIO10 (SPI_MOSI)	●	Ground	20	
21	GPIO09 (SPI_MISO)	●	(GPIO_GEN6) GPIO25	22	
23	GPIO11 (SPI_CLK)	●	(SPI_CE0_N) GPIO08	24	
25	Ground	●	(SPI_CE1_N) GPIO07	26	
27	ID_SD (I ² C ID EEPROM)	●	(I ² C ID EEPROM) ID_SC	28	
29	GPIO05	●	Ground	30	
31	GPIO06	●	GPIO12	32	
33	GPIO13	●	Ground	34	
35	GPIO19	●	GPIO16	36	
37	GPIO26	●	GPIO20	38	
39	Ground	●	GPIO21	40	

Rev. 2
29/02/2016
www.element14.com/RaspberryPi

Gambar 2. 6 Raspberry Pi 3 Model B GPIO 40 Pin Block Pinout

(Sumber: www.element14.com/RaspberryPi)

2.4 *Image Processing* (Pengolahan Citra)

Image processing adalah suatu metode yang digunakan untuk memproses atau memanipulasi gambar dalam bentuk 2 dimensi *image processing* dapat juga dikatakan segala operasi untuk memperbaiki, menganalisa, atau mengubah suatu gambar.

Pada awalnya pengolahan citra ini dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra, namun dengan berkembangnya dunia komputasi yang ditandai dengan semakin meningkatnya kapasitas dan kecepatan proses komputer, serta dapat

mengambil informasi dari suatu citra, maka image processing tidak dapat dilepaskan dengan bidang computer vision. Pengolahan citra mempunyai dua tujuan utama yakni sebagai berikut:

1. Memperbaiki kualitas citra, dimana citra yang dihasilkan dapat menampilkan informasi secara jelas atau dengan kata lain manusia dapat melihat informasi yang diharapkan dengan menginterpretasikan citra yang ada. Dalam hal ini interpretasi terhadap informasi yang ada tetap dilakukan oleh manusia.
2. Mengekstraksi informasi ciri yang menonjol pada suatu citra yang hasilnya adalah informasi citra agar manusia mendapatkan informasi ciri dari citra secara numerik atau dengan kata lain computer melakukan interpretasi terhadap informasi yang ada pada citra melalui besaran-besaran data yang dapat dibedakan secara jelas.

2.5 *Lane Detection (Deteksi Jalur)*

Lane detection merupakan suatu metode untuk mengetahui lokasi dari marka jalan tanpa diketahui terlebih dahulu *noise* yang terdapat pada lingkungan sekitarnya. *Lane detection* ini telah menjadi penelitian yang sering dilakukan oleh banyak orang agar bisa menjadi salah satu pendukung *driver assistant* maupun untuk *autonomous navigation* yang termasuk bagian dari *intelligent transportation system* [8]. *Lane detection* menggunakan teknik *Hough Transform* yang merupakan suatu metode untuk mendeteksi garis, lingkaran, atau bentuk lainnya.

Contoh hasil metode *Lane detection* diatas ditunjukkan pada Gambar 2.7.

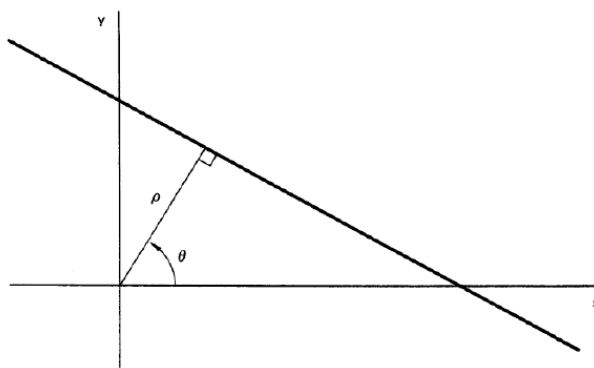


Gambar 2.7. *Lane detection*

(Sumber: <http://www.doavers.org/blog/macam-macam-metode-tedeksi/>)

2.5.1 Hough Transform

Transformasi *Hough* pertama kali diperkenalkan oleh Paul Hough pada tahun 1962 untuk mendeteksi garis lurus. Transformasi *Hough* adalah teknik transformasi citra yang dapat digunakan untuk mengisolasi suatu objek pada citra dengan menemukan batas-batasnya (*boundary detection*) [9]. Konsep dasar dari Hough transform adalah terdapat garis dan kurva potensial yang tak terhitung jumlahnya pada suatu citra yang melalui titik mana saja pada berbagai ukuran dan orientasi. Transformasi dilakukan untuk menemukan garis dan kurva yang melewati banyak titik-titik di dalam citra, yaitu garis dan kurva yang terdekat dan paling sesuai dengan data pada matriks citra. Karena tujuan dari sebuah transformasi adalah mendapatkan suatu fitur yang lebih spesifik. Hough transform menggunakan bentuk parametrik dan menggunakan pemungutan suara terbanyak (*voting*) untuk menentukan nilai parameter yang tepat. Apabila dalam citra terdapat beberapa garis yang saling berpotongan pada suatu titik, maka apabila kemudian titik tersebut ditransformasi ke dalam ruang parameter akan didapati bahwa transformasi dalam ruang parameter adalah sebuah garis lurus dengan persamaan garis. Secara khususnya Hough transform yang digunakan disini hanyalah untuk mendeteksi garis pada marka jalan saja yang dimana pada awalnya garis jalan ini koordinatnya dalam bentuk kartesian space (x - y) yang kemudian dirubah menjadi kurva sinusoidal pada hough space (ρ & θ) menggunakan Hough transform yang dapat dilihat pada Gambar 2.8 dan persamaan 2.1



Gambar 2.8. Hough Transform

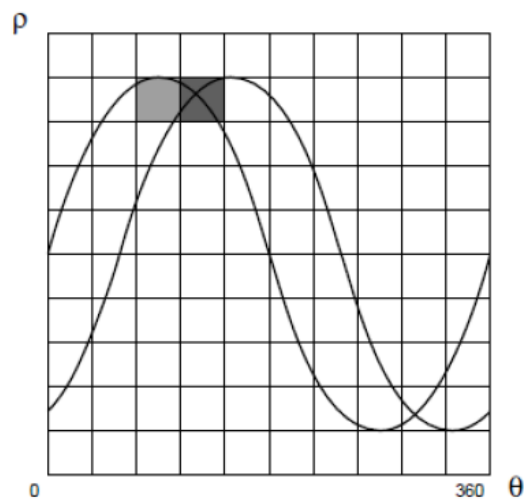
(Sumber: <https://www.learnopencv.com/hough-transform-with-opencv-c-python/>)

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (\text{Pers 2.1})$$

$\rho = rho$, koordinat y dalam bentuk *hough space*

$\theta = theta$, koordinat x dalam bentuk *hough space*

Persamaan (2.1) diatas didapatkan dari Gambar 2.8 yang dimana untuk mencari nilai menggunakan koordinat x dan y yang telah ditemukan. Sehingga mendapatkan garis yang diinginkan. Pada Gambar 2.9 menjelaskan kerja dari hough transform dalam melakukan scanning pada semua kemungkinan θ yang ada dan pada pixel yang paling banyak garis sinusoidal yang melewati pixel tersebut merupakan garis yang ditemukan.



Gambar 2.9. Hough space

(Sumber: <https://www.osapublishing.org/oe/fulltext.cfm>)

Keuntungan utama dari transformasi *Hough* adalah dapat mendeteksi sebuah tepian dengan celah pada batas fitur dan secara relatif tidak dipengaruhi oleh derau atau noise. *hough* dapat mendeteksi keberadaan objek yang memiliki pola tertentu walaupun tidak diketahui ukuran maupun posisinya.

2.6 *Gaussian Filter*

Gaussian filter adalah linear filter yang biasanya digunakan sebagai pengolah citra agar dapat lebih halus. *Gaussian filter* bertujuan untuk menghilangkan noise pada citra dan meningkatkan kualitas detil citra. Cara kerja *Gaussian* adalah menghilangkan komponen *high-frequency* dari gambar, sehingga

teknik *Gaussian* dikatakan sebagai *low-passfilter*. *Gaussian filter* menggunakan fungsi distribusi *Gaussian*.

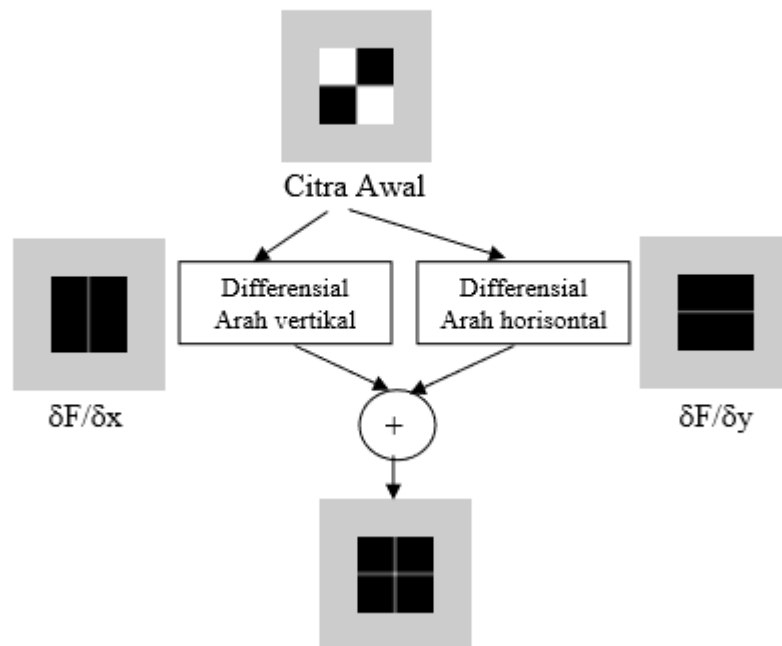
2.7 *Edge Detection* (Deteksi Tepi)

Tepi (*Edge*) adalah beberapa bagian dari citra di mana intensitas kecerahan berubah secara drastis. Dalam objek berdimensi satu, perubahan dapat diukur dengan menggunakan fungsi turunan (*derivative function*). Perubahan mencapai maksimum pada saat nilai turunan pertamanya mencapai nilai maksimum atau nilai turunan kedua (*2ndderivative*) bernilai 0.

Deteksi tepi (*Edge detection*) adalah operasi yang dijalankan untuk mendeteksi garis tepi (*edges*) yang membatasi dua wilayah citra homogen yang memiliki tingkat kecerahan yang berbeda [10]. Deteksi tepi pada suatu citra adalah suatu proses yang menghasilkan tepi-tepi dari obyek-obyek citra, tujuannya adalah :

- Untuk menandai bagian yang menjadi detail citra
- Untuk memperbaiki detail dari citra yang kabur, yang terjadi karena error atau adanya efek dari proses akuisisi citra.
- Serta untuk mengubah citra 2D menjadi bentuk kurva

Suatu titik (x,y) dikatakan sebagai tepi (*edge*) dari suatu citra bila titik tersebut mempunyai perbedaan yang tinggi dengan tetangganya. Gambar 2.10 berikut ini menggambarkan bagaimana tepi suatu gambar di peroleh.



Gambar 2.10. Proses Deteksi Tepi.

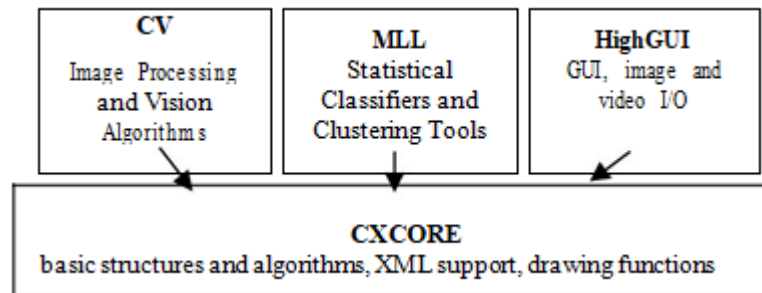
(Sumber: https://elib.unikom.ac.id/files/disk1/687/jbptunikompp-gdl-noviyanasu-34322-7-unikom_n-l.pdf)

2.8 OpenCV

OpenCV merupakan suatu *library* dari *computer vision* yang *open source* (gratis digunakan baik untuk urusan akademik ataupun komersil). OpenCV (*Open Computer Vision*) merupakan salah satu produk *open source* yang merupakan sebuah API (*Application Programming Interface*) dengan *library* yang sudah sangat familiar pada pengolahan citra *computer vision*. OpenCV dapat diterapkan pada pemrograman C++, C, Python, Java, dan MATLAB. OpenCV dapat pula digunakan untuk sistem operasi Windows, Linux, Android dan Mac OS.

Computer vision adalah salah satu cabang dari ilmu pengolahan citra yang dapat mengolah komputer agar bisa terlihat nyata. OpenCV mempermudah bisnis-bisnis untuk memanfaatkan dan memodifikasi kode. *Library* OpenCV mempunyai lebih dari 2500 algoritma yang telah dioptimalkan. Dimana meliputi sebuah himpunan menyeluruh dari keduanya yaitu klasi dan seni, beberapa algoritma *computer vision* dan *mechine learning*. Algoritma-algoritma tersebut dapat

digunakan untuk mendeteksi dan mengenali wajah, mengidentifikasi objek, mengklasifikasi tindakan manusia dalam video, mengikuti jejak perpindahan objek, mengekstrak model-model 3D objek, menghasilkan titik awan 3D dari kamera stereo, dan lain sebagainya.



Gambar 2.11. Struktur dan Konten OpenCV

2.9 Bahasa Pemrograman Python

Python adalah sebuah bahasa pemrograman yang bisa digunakan pada beberapa platform (multiplatform), dan berifat sumber perangkat bebas terbuka (opensource), pertama kali dikembangkan oleh Guido van Rossum pada tahun 1990 di CWI, Belanda. Bahasa ini dikategorikan sebagai bahasa tingkat tinggi (very-high-level language) dan merupakan bahasa berorientasi objek yang dinamis (object-oriented-dynamic language).

Hal utama yang membedakan Python dengan bahasa lain adalah dalam hal aturan penulisan kode program. Python memiliki aturan yang berbeda dengan bahasa lain, seperti indentasi, tipe data, tuple, dan dictionary. Python adalah bahasa pemrograman dinamis yang mendukung pemrograman berorientasi obyek. Python dapat digunakan untuk berbagai keperluan pengembangan perangkat lunak dan dapat berjalan di berbagai sistem operasi seperti Linux, Windows, Unix, Symbian dan masih banyak lagi. Python merupakan salah satu bahasa pemrograman favorit saat ini, karena Python menawarkan banyak fitur seperti: 1. Kepustakaan yang luas, menyediakan modul-modul untuk berbagai keperluan. 2. Mendukung pemrograman berorientasi objek. 3. Memiliki tata bahasa yang mudah dipelajari. 4. Memiliki sistem pengelolaan memori otomatis. 5. Arsitektur yang dapat dikembangkan (extensible) dan ditanam (embeddable) dalam bahasa

lain, misal objek oriented Python dapat digabungkan dengan modul yang dibuat dengan C++.

Python telah digunakan pada berbagai aplikasi saat ini, contohnya adalah BitTorrent, Yum, Civilization 4, bahkan saat ini Python merupakan bahasa resmi dari Raspberry Pi. Kata “Pi” dalam Raspberry Pi merujuk pada kata Python. Python mendukung beberapa modul khusus untuk Raspberry Pi seperti modul picamera, dan modul gpio.

2.10 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328. *Board* ini memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 input *analog*, 16 MHz *osilator* kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya.

Board *Arduino Uno* memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut :

- 1,0 pinout: tambah SDA dan SCL pin yang dekat ke pin aref dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat ke pin RESET, dengan IO REF yang memungkinkan sebagai buffer untuk beradaptasi dengan tegangan yang disediakan dari board sistem. Pengembangannya, sistem akan lebih kompatibel dengan Prosesor yang menggunakan AVR, yang beroperasi dengan 5V dan dengan Arduino Karena yang beroperasi dengan 3.3V. Yang kedua adalah pin tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan pengembangannya.



Gambar 2.12. Arduino Uno
(Sumber: AP Putra Polsri 2017)

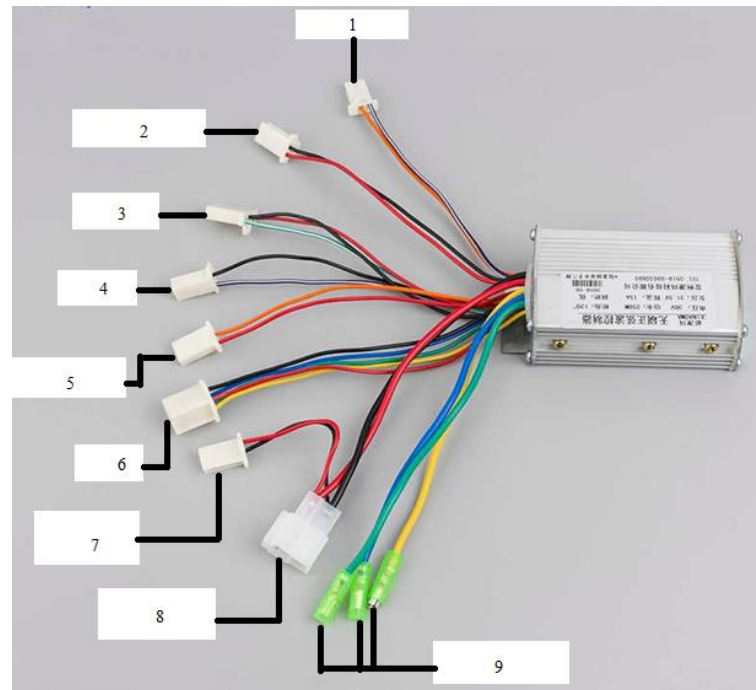
Deskripsi Arduino UNO:

Tabel 2.1 Deskripsi *Arduino Uno*

<i>Mikrokontroller</i>	Atmega328
<i>Operasi Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage</i>	7-12 V (Rekomendasi)
<i>Input Voltage</i>	6-20 V (limits)
<i>I/O</i>	14 pin (6 pin untuk PWM)
<i>Arus</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32KB
<i>Bootloader</i>	SRAM 2 KB
<i>EEPROM</i>	1 KB
<i>Kecepatan</i>	16 Mhz

2.11 Motor Kontroler BLDC

Motor Kontroler adalah komponen yang memiliki fungsi untuk mengendalikan motor, seperti kecepatan putaran motor, *Start / Stop* motor, dan arah putaran motor. Adapun bentuk dari *Motor Controller* BLDC dapat dilihat pada gambar 2.13. berikut.



Gambar 2.13. *Motor Controller BLDC*
(Sumber : <https://danstrother.com/2011/01/12>)

Spesifikasi :

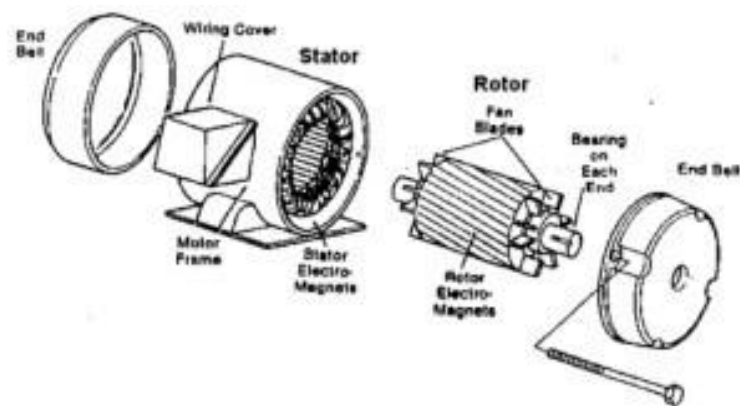
1. Input 48V DC
2. Daya 1000 Watt
3. Under Voltage (36V)

Keterangan :

1. *Hall Electric Brake*
2. Battery
3. Pedal Gas
4. *Self - Study*
5. *Reverse*
6. *Hall Sensor*
7. Carger
8. Batterai
9. Motor Fase

2.12 Motor *Brushless Direct Current* (BLDC)

Motor BLDC adalah motor sinkron. Hal ini berarti bahwa medan magnet yang dihasilkan stator dan medan magnet yang dihasilkan rotor berputar pada frekuensi yang sama. Putaran pada rotor disebabkan oleh medan magnet pada stator yang pada setiap saatnya hanya aktif dua fasa (hanya dua fasa yang ter-suply pada setiap saat sementara satu fasa lainnya tak tersuply) [11]. Gambar 2.14 merupakan bentuk dari motor *Brushless* DC.



Gambar 2.14 Motor Listrik *Brushless*
(Sumber : <http://blog.unnes.ac.id/>)

BLDC motor tidak mengalami slip, tidak seperti yang terjadi pada motor induksi biasa. Motor jenis ini mempunyai permanen magnet pada bagian rotor sedangkan elektro-magnet pada bagian statornya. Setelah itu, dengan menggunakan sebuah rangkaian sederhana (*Simple Computer System*), maka kita dapat merubah arus di elektro-magnet ketika bagian rotornya berputar.

Dalam hal ini, motor BLDC setara dengan motor DC dengan komutator terbalik, di mana magnet berputar sedangkan konduktor tetap diam. Dalam komutator motor DC, polaritas ini diubah oleh komutator dan sikat. Namun, dalam *Brushless* motor DC, pembalikan polaritas dilakukan oleh transistor *Switching* untuk mensinkronkan dengan posisi rotor. Oleh karena itu, BLDC motor sering menggabungkan baik posisi sensor internal atau eksternal untuk merasakan posisi rotor yang sebenarnya, atau posisi dapat dideteksi tanpa sensor.

2.12.1 Prinsip Kerja Motor BLDC

Motor BLDC merupakan jenis motor induksi. Motor induksi bekerja sebagai berikut. Listrik dipasok ke stator yang akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet ini bergerak dengan kecepatan sinkron disekitar rotor. Arus rotor menghasilkan medan magnet kedua, yang berusaha untuk melawan medan magnet stator, yang menyebabkan rotor berputar.

Walaupun begitu, didalam prakteknya motor tidak pernah bekerja pada kecepatan sinkron namun pada “kecepatan dasar” yang lebih rendah. Terjadinya perbedaan antara dua kecepatan tersebut disebabkan adanya “slip/geseran” yang meningkat dengan meningkatnya beban. Slip hanya terjadi pada motor induksi. Untuk menghindari slip dapat dipasang sebuah cincin geser/ slip ring, dan motor tersebut dinamakan “motor cincin geser/ slip ring motor”.

Persamaan berikut digunakan untuk menghitung persentase slip/geseran.

$$\% Slip = \frac{N_s - N_b}{N_s} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

N_s = kecepatan sinkron dalam RPM

N_b = kecepatan dasar dalam RPM

2.12.2 Konstruksi Motor BLDC

Setiap motor BLDC memiliki dua bagian utama, rotor (bagian berputar) dan stator (bagian stasioner). Bagian penting lainnya dari motor adalah gulungan stator dan magnet rotor.

1. Rotor

Rotor adalah bagian pada motor yang berputar karena adanya gaya elektro magnetic dari stator, dimana pada motor brushless dc bagian rotornya berbeda dengan rotor pada motor DC konvensional yang hanya tersusun dari satu buah elektromagnet yang berada diantara *Brushes* (sikat) yang terhubung pada dua buah motor hingga delapan pasang kutub magnet permanen berbentuk persegi panjang yang saling direkatkan menggunakan semacam “*Epoxy*” dan tidak ada *Brushes*-nya.

Rotor dibuat dari magnet tetap dan dapat desain dari dua sampai delapan kutub magnet utara (N) atau selatan (S). Material magnetis yang bagus sangat diperlukan untuk mendapatkan kerapatan medan magnet yang bagus pula. Biasanya magnet ferrit yang dipakai untuk membuat magnet tetap, tetapi material ini mempunyai kekurangan yaitu *Flux Density* yang rendah untuk ukuran volume material yang diperlukan untuk membentuk rotor.

2. Stator

Stator adalah bagian pada motor yang diam/statis dimana fungsinya adalah sebagai medan putar motor untuk memberikan gaya elektromagnetik pada rotor sehingga motor dapat berputar. Pada motor DC *Brushless* statornya terdiri dari 12 belitan (elektromagnet) yang bekerja secara elektromagnetik dimana stator pada motor DC *Brushless* terhubung dengan tiga buah kabel untuk disambungkan pada rangkaian kontrol sedangkan pada motor DC konvensional statornya terdiri dari dua buah kutub magnet permanen.

Belitan stator pada motor DC brushless terdiri dari dua jenis, yaitu belitan stator jenis Trapezoidal dan jenis sinusoidal. Dasar perbedaan kedua jenis belitan stator tersebut terletak pada hubungan antara koil dan belitan stator yang bertujuan untuk memberikan EMF (*Electro Motive Force*) balik yang berbeda.

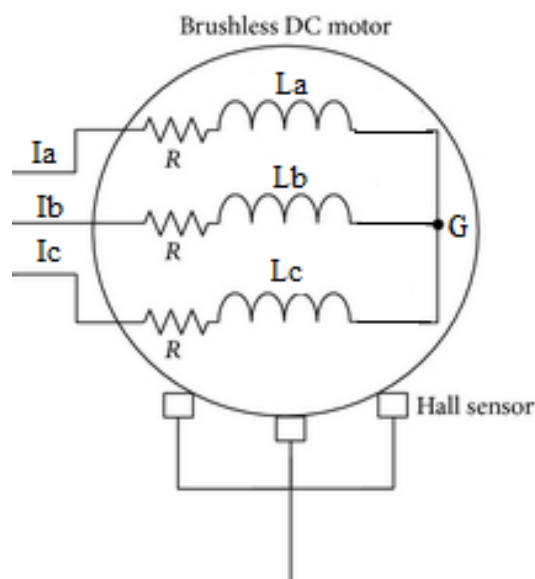
EMF balik adalah tegangan balik yang dihasilkan oleh belitan motor BLDC ketika motor BLDC tersebut berputar yang memiliki polaritas tegangan berlawanan arahnya dengan tegangan sumber yang dibangkitkan. Besarnya EMF balik dipengaruhi oleh kecepatan sudut putaran motor (ω), medan magnet yang dihasilkan rotor (B), dan banyaknya lilitan pada belitan stator (N) sehingga besarnya EMF balik dapat dihitung dengan persamaan:

Ketika motor BLDC sudah dibuat, jumlah lilitan pada 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. Perubahan besarnya EMF balik ini mempengaruhi torsi motor BLDC, apabila kecepatan motor yang dihasilkan lebih besar dari tegangan potensial pada belitan stator

sehingga arus yang mengalir pada stator akan turun dan torsi pun akan ikut turun, sebagaimana rumus torsi pada BLDC motor menurut persamaan diatas bahwa besarnya torsi yang dihasilkan motor BLDC.

2.13 Skematik dan Cara Kerja Motor Brushless DC

2.13.1 Diagram Skematik Motor Brushless DC



Gambar 2.15 Skematik Motor Brushless DC

(Sumber : <https://www.orientalmotor.com/brushless-dc-motors-gear-motors/technology/speed-control-overview.html>)

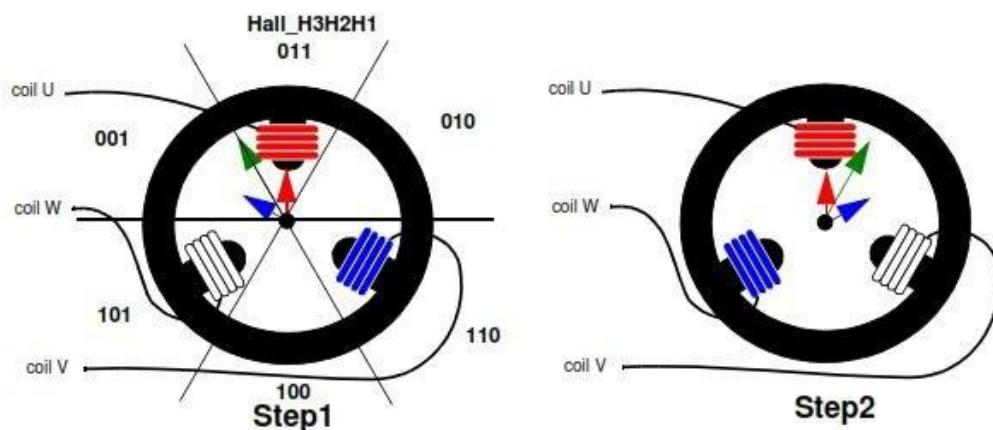
2.13.2 Cara Kerja Motor Brushless DC

Berdasarkan prinsip kerja dari motor *brushless DC* dan cara kerja pengisian koil pada motor *brushless DC*, maka cara kerja dari motor *brushless DC* dapat dideskripsikan. Akan tetapi, sebelum mendeskripsikan skema cara kerja dari motor *brushless DC* ini, kita harus memperhatikan tabel perubahan komutasi motor berdasarkan nilai sensor hall

Tabel 2.2

Hall Sensor Value	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

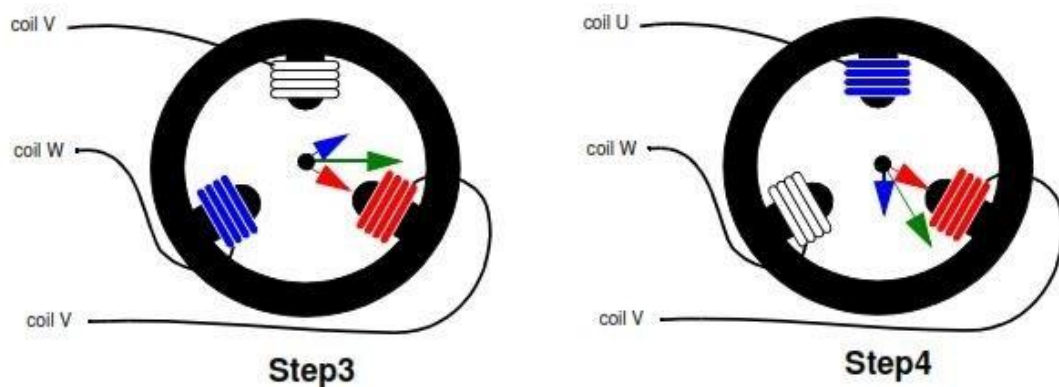
Melihat prinsip kerja motor DC brushless dan cara kerja sistem half bridge pada proses peng-energize-an koil motor DC *brushless* maka cara kerja putaran motor DC *brushless* sekarang dapat digambarkan, skema cara kerja putaran motor DC *brushless* adalah sebagai berikut :



Gambar 2.16 Skema Kerja Step 1 dan Step 2 Motor DC *Brushless*
(Sumber : <http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/74/>)

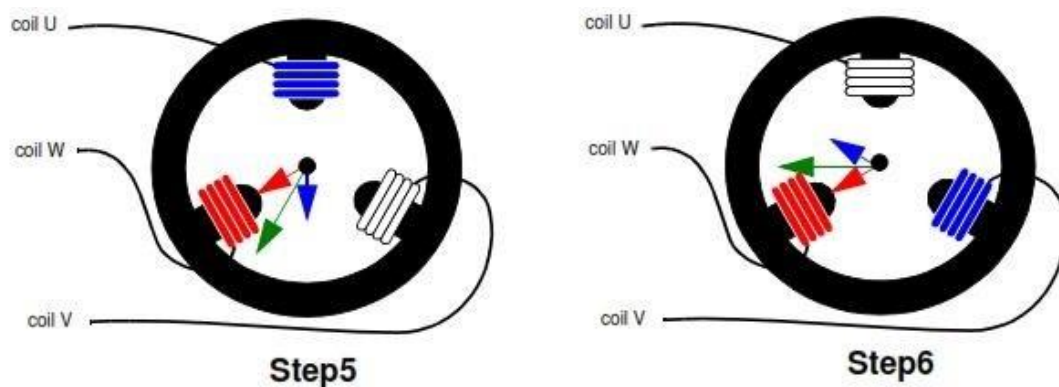
Komutasi menghasilkan medan putar. Pada step 1, fasa U dihubungkan ke kutub positif pada bus motor DC brushless (Q1) lihat Gambar 2.16., lalu fasa V dihubungkan ke ground netral (kutub negative baterai) melalui Q4, untuk fasa W tidak ter-energize, 2 buah vektor fluks dihasilkan oleh fasa U (panah merah) 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 DC *brushless* (BLDC) dimana fasa V sekarang tidak ter-*energize*- tetapi fasa W yang sekarang terhubung ke netral ground (Q6) dimana posisi vektor fluks stator (panah hijau) sekarang berada pada posisi step 2 yang ditunjukkan Gambar 2.16.



Gambar 2.17 Skema Kerja Step 3 dan Step 4 Motor DC *Brushless*
(Sumber : <http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/74/>)

Pada gambar 2.17. menjelaskan bahwa sekarang dapat menentukan switch (Q) mana saja yang aktif ketika fasa tertentu yang ter-*energize* sehingga arah putaran motor dapat terlihat. Pada step 3 fasa yang aktif adalah W-V dan posisi vektro fluks stator berada pada posisi tersebut, lanjut ke step 4 fasa yang aktif adalah U-V dan rotor terus berputar kearah fluks stator pada step 4.



Gambar 2.18 Skema Kerja Step 5 dan Step 6 Motor DC *Brushless*
(Sumber : <http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/74/>)

Pada gambar 2.18. step 5 dan step 6 terlihat fasa lain lagi yang ter- *energize* dan arah putaran rotor terus mengikuti arah vektor fluks stator yang dihasilkan dan selanjutnya proses putaran kembali lagi ke step 1. Itulah 6 langkah (step) putaran elektris motor BLDC untuk melakukan 1 putaran penuh mekanis motor.