

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Perkembangan Mobil Listrik

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.

Kemudian pria Inggris bernama Robert Anderson mengembangkan sebuah mobil roda tiga yang menggunakan yang menggunakan baterai listrik sebagai penggeraknya pada tahun 1832. Temuan Anderson ini dianggap sebagai mobil listrik pertama di dunia.

Akhir abad ke 18 di Amerika, mobil listrik buatan William Morrison yang dikenal sebagai ahli kimia sukses memulai debutnya pada tahun 1890. Kendaraan buatannya 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 membutuhkan 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.

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 3 unit dan dipasang dengan cara koneksi seri.

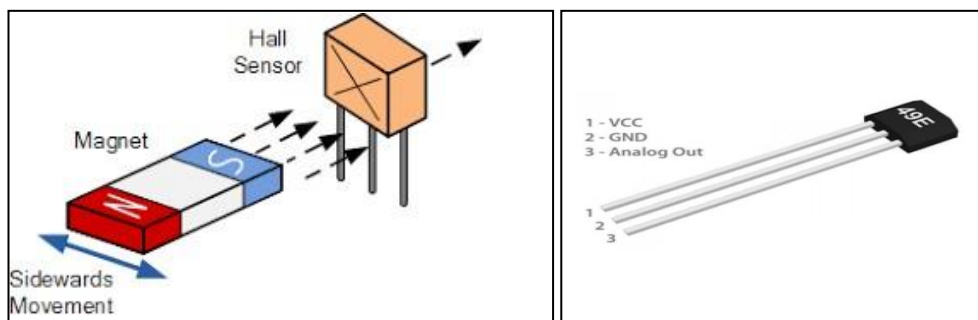
Sesudah baterai penuh, listrik yang tersimpan pada baterai bisa dipakai untuk memutar motor penggerak lewat solenoid yang mempunyai 2 terminal yang berperan menyambung serta memutus di mana terminal positif pada baterai dipasang pada satu diantara terminal pada solenoide dikaitkan ke kendali kecepatan,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

Untuk mengatur besar kecilnya putaran motor penggerak dipakai kendali kecepatan yang mempunyai 4 buah terminal utama, serta juga tiga buah terminal untuk input dari potensio atau induktif. Kabel positif yang lewat solenoid dikaitkan pada terminal positif baterai pada kendali kecepatan.

Kendali yang inputnya berbentuk tanda analog dari potensio serta juga induktif throle sensor yang dipasang pada mekanisme gas, supaya kendaraan bisa bergerak maju, mundur serta netral dipakai saklar mekanis maju mundur SM3 (saklar mekanis maju mundur).

2.2 Sensor Magnet

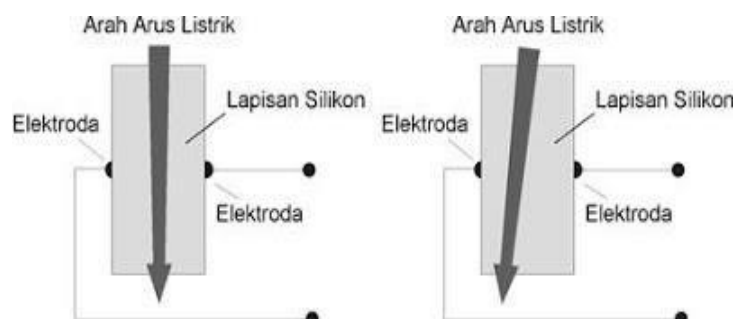
Sensor magnet atau *hall effect sensor* adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi medan magnet. Variabel keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik disebut *Transduser*. Secara umum sensor didefinisikan sebagai alat yang mampu menangkap fenomena fisika atau kimia kemudian mengubahnya menjadi sinyal elektrik baik arus listrik ataupun tegangan. Fenomena fisik yang mampu menstimulus sensor untuk menghasilkan sinyal elektrik meliputi temperatur, tekanan, gaya, medan magnet, cahaya, pergerakan dan sebagainya.



Gambar 2.1 Sensor Magnet 49E

(Anita Triana, 2015)

Cara kerja sensor adalah piranti yang *mentransform* (mengubah) suatu nilai (isyarat/energi) fisik ke nilai fisik yang lain menghubungkan antara fisik nyata dan industri elektrik dan piranti elektronika. Sensor magnet ini sering digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi kedekatan (*proximity*), mendeteksi posisi (*positioning*), mendeteksi kecepatan (*speed*), mendeteksi pergerakan arah (*directional*) dan mendeteksi arus listrik (*current sensing*).



Gambar 2.2 Cara Kerja Sensor Magnet 49 E

(Tedi Cahyadi, 2014)

Sensor magnet (*hall effect*) ini hanya terdiri dari sebuah lapisan silikon dan dua buah elektroda pada sisi masing-masing silikon. Hal ini akan menghasilkan perbedaan tegangan pada outputnya ketika lapisan silikon ini dialiri oleh arus listrik. Tanpa adanya pengaruh dari medan magnet maka arus yang mengalir pada silikon tersebut akan tepat ditengah-tengah silikon dan menghasilkan tegangan yang sama antara elektrode sebelah kiri dan elektrode sebelah kanan sehingga menghasilkan tegangan beda tegangan 0 volt pada outputnya.

Tapi ketika ada medan magnet yang mempengaruhi sensor ini, maka arus yang mengalir akan berbelok mendekati atau menjauhi sisi yang dipengaruhi oleh medan magnet. Ketika arus yang melalui lapisan silikon tersebut mendekati sisi silikon maka terjadi ketidak seimbangan tegangan *output* dan hal ini akan menghasilkan beda tegangan di *outputnya*. Jika semakin besar kekuatan medan magnet yang mempengaruhi sensor ini maka akan menyebabkan pembelokan arus dalam lapisan silikon semakin besar dan semakin besar pula ketidakseimbangan tegangan antara kedua sisi lapisan silikon pada sensor.

Arah pembelokan arah arus pada lapisan silikon ini dapat digunakan untuk mengetahui polaritas kutub medan sensor ini. Sensor ini dapat merespon perubahan kekuatan medan magnet mulai kekuatan medan magnet yang statis maupun kekuatan medan magnet yang berubah-ubah dengan frekuensi sampai 23KHz dan mempunyai masukan tegangan yang cukup lebar yaitu mulai 4.5V sampai 6V.

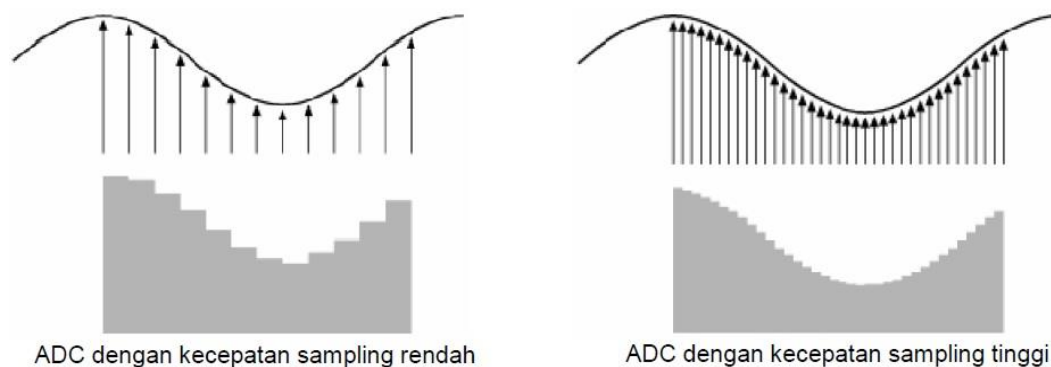
2.3 ADC (Analog To Digital Conversion)

Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah input analog menjadi kode – kode digital. ADC banyak digunakan sebagai Pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/ pengujian. Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistim komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/ berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistim digital (komputer).

ADC (Analog to Digital Converter) memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi.

2.3.1 Kecepatan Sampling ADC

Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan “seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu”. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam *sample per second (SPS)*.



Gambar 2.3 Kecepatan Samling ADC

(Kartika Mesisa, 2011)

Resolusi ADC

Resolusi ADC menentukan “ketelitian nilai hasil konversi ADC”. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki output 8 bit data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 255 ($2^8 - 1$) nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit output data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit. Dari contoh diatas ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit.

2.3.2 Prinsip Kerja ADC

Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. Sebagai contoh, bila tegangan referensi 5 volt, tegangan input 3 volt, rasio input terhadap referensi adalah 60%. Jadi, jika menggunakan ADC 10 bit dengan skala maksimum 1023, akan didapatkan sinyal digital sebesar $60\% \times 1023 = 613$ (bentuk decimal) atau 1001100101 (bentuk biner).

Sinyal = (Nilai ADC/ADC Maksimal) * TeganganReferensi

2.4 Sejarah Mikrokontroller

Abad 21 adalah abad mikroprosesor. Semua peralatan rumah tangga menggunakan mikroprosesor: handphone, tv, kulkas, mesin cuci, setrika, alat masak, oven, microwave, dan lain-lain. Sampai alat-alat untuk ruang angkasa menggunakan mikroprosesor. Perangkat makin canggih, kemampuan meningkat, kompleks tetapi ukuran mengecil. Jutaan transistor termuat dalam suatu mikroprosesor ukuran 1 x 1 cm². Perkembangan perangkat lunak mengikuti perangkat keras. Tahun 1969 merupakan ide awal membangun mikroprosesor dalam suatu IC (integrated circuit) dikemukakan oleh Intel lalu tahun 1971 untuk pertama kali mikroprosesor dalam satu IC dipasarkan, yaitu Intel 4004 menggunakan teknologi 4 bit. Pada tahun 1976 Intel meluncurkan mikrokontroller pertama yang dinamai seri MCS-48 yang berisi 17.000 transistor. Tahun 2005 Intel Pentium IV berisi jutaan transistor dengan orde kecepatan giga hertz. Tahun 2007 Intel Core 2 duo lebih dari 2Ghz. Dalam perkembangannya mikroprosesor dibuat sesuai kebutuhan, mis: RISC (Reduced Instruction Set of Computing) dan CISC (Complex Instruction Set of Computing) digunakan untuk pengolahan info dengan software yang rumit. Mis. untuk komputer card, dll. Mikrokontroller merupakan mikroprosesor yang dikhususkan untuk implementasi kendali. Misalnya: untuk kendali motor berperan sebagai PLC (*programmable Logic Controller*), pengaturan pengapian pada motor jenis injeksi, gerakan pada robot, pengatur besaran, suhu, tekanan, kelembaban, lampu lalin, kamera pengintai dan masih banyak lagi.

Mikrokontroller diproduksi mulai tahun 1976 dengan INTEL yang memproduksinya, type 8748 (MCS-48) yang di dalamnya sudah ada 1 KByte

EPROM, 64 Byte RAM, 27 I/O dan 8 bit Timer. Keluarga MCS-48 antara lain 8021, 8022, 8048, 8049. Saat ini masih digunakan untuk alat kedokteran modern. Tahun 1980 muncul generasi kedua mikrokontroler 8 bit, yang disebut keluarga 8051 dengan nama MCS 51. Masuk keluarga MCS 51 adalah 8031, 80C31, 8051AH, 8751. Mikrokontroler populer yang pertama dibuat oleh Intel pada tahun 1976, yaitu *mikrokontroler 8-bit Intel 8748*. Mikrokontroler tersebut adalah bagian dari keluarga mikrokontroler MCS-48. Sebelumnya, Texas Instruments telah memasarkan mikrokontroler 4-bit pertama yaitu TMS 1000 pada tahun 1974. TMS 1000 yang mulai dibuat sejak 1971 adalah mikrokomputer dalam sebuah chip, lengkap dengan RAM dan ROM. Intel mengeluarkan mikrokontrolernya yang populer di dunia yaitu 8051, kemudian diadopsi oleh vendor lain seperti Phillips, Siemens, Atmel, dan vendor-vendor lain. Selain itu masih ada mikrokontroler populer lainnya seperti Basic Stamps, PIC dari Microchip, MSP 430 dari Texas Instrument. Mikrokontroler AVR merupakan salah satu jenis arsitektur mikrokontroler yang menjadi andalan Atmel. digunakan di dunia sebagai mikrokontroler yang bersifat low cost dan high performance. (Stalling : 2003)

2.5 Uno Arduino

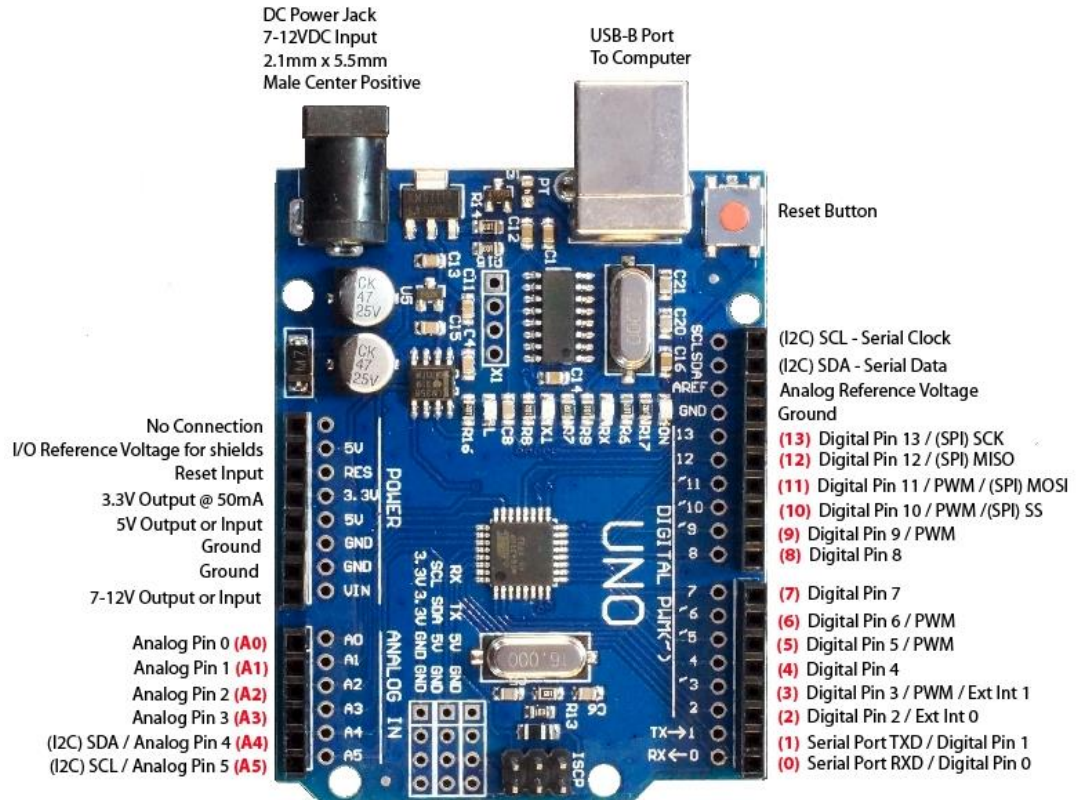
Uno Arduino adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328. *Board* ini memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 input *analog*, 16 MHz *osilator* kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk 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.

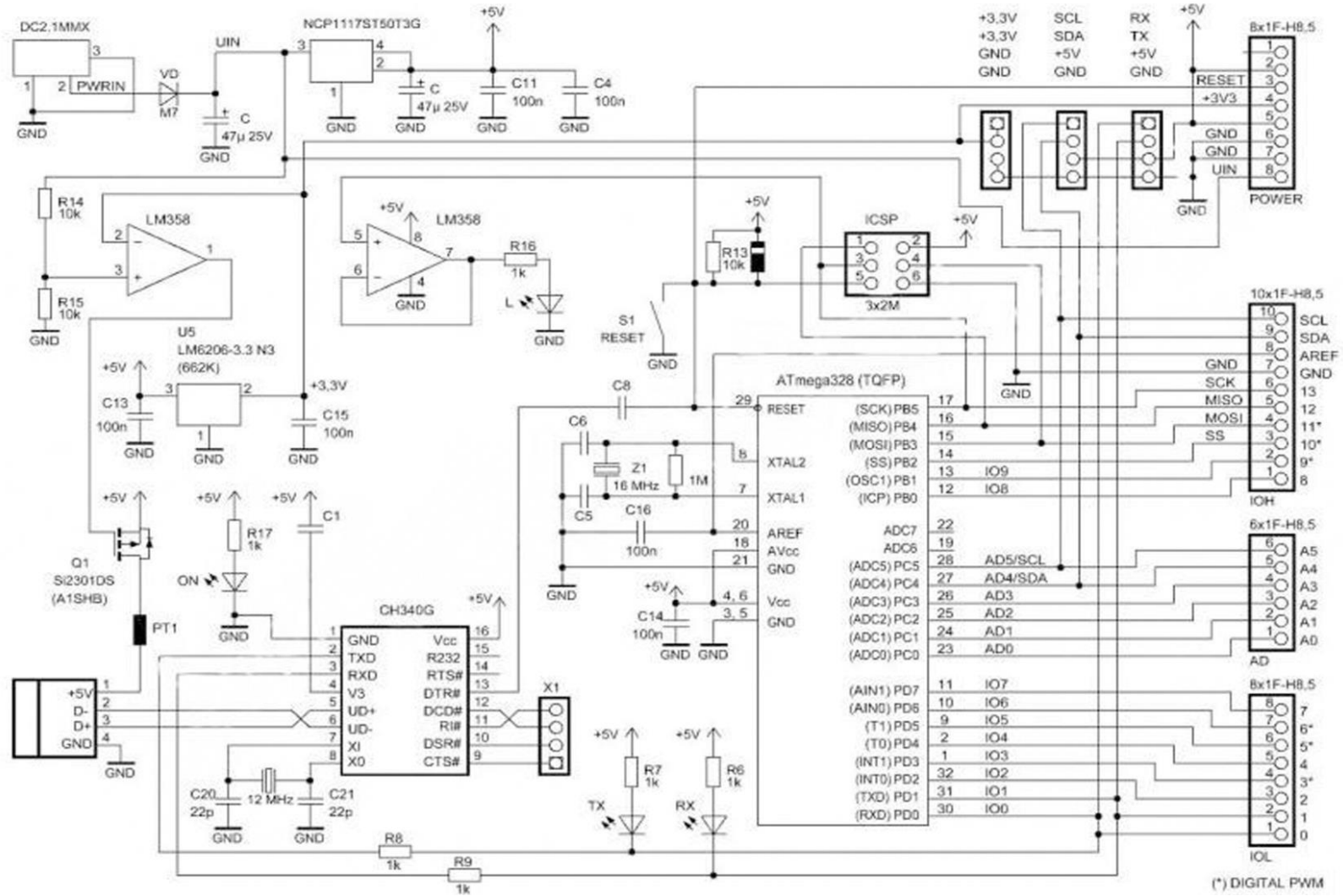
2.5.1 Bentuk Fisik Arduino



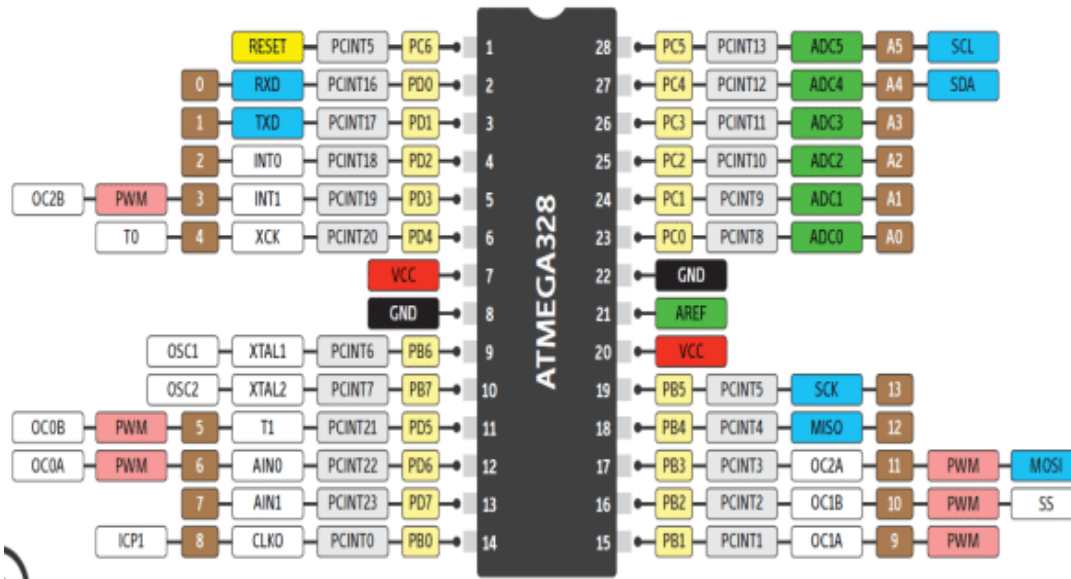
Gambar 2.4 Konfigurasi Pin Arduino Uno

(P. Mangihut Tampubolon, 2010)

2.5.2 Skematik Arduino Uno



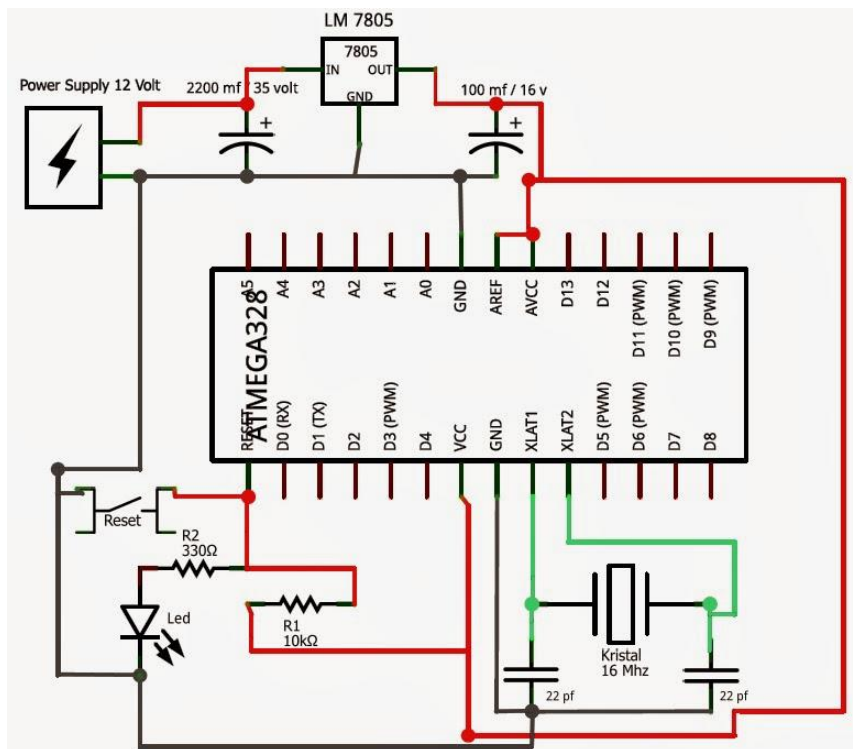
2.5.3 Mikro Kontroler ATmega 328



Gambar 2.6 Konfigurasi Pin ATmega 328

(Amalia Afifah, 2012)

2.5.4 Skematik ATmega 328



Gambar 2.6 Skematik Arduino Uno

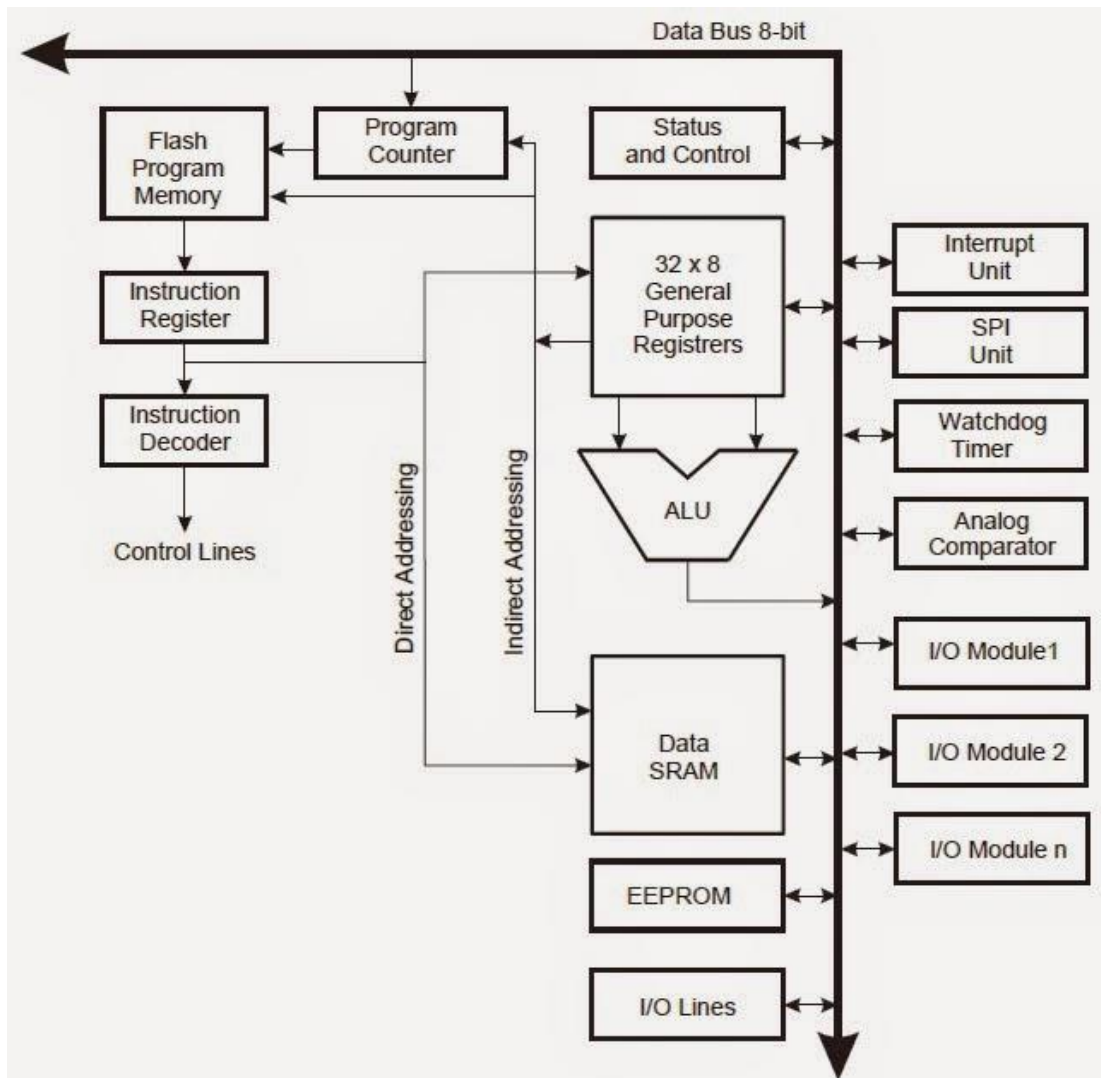
(AP Putra, 2017)

2.5.5 Deskripsi Arduino UNO:

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Uno

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

2.5.6 Arsitektur ATmega328



Gambar 2.7 Architecture ATmega 328

(Saputra dkk, 2013)

ATmega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (Reduce Instruction Set Computer) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (Completed Instruction Set Computer). Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain :

1. 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu
2. Siklus clock.
3. 32 x 8-bit register serba guna.
4. Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan clock 16 MHz.

5. 32 KB Flash memory dan pada arduino memiliki bootloader yang menggunakan 2 KB dari flash memori sebagai bootloader.
6. Memiliki EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanent karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
7. Memiliki SRAM (Static Random Access Memory) sebesar 2KB.
8. Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya PWM (Pulse Width Modulation) output.
9. Master / Slave SPI Serial interface.
10. Mikrokontroler ATmega 328 memiliki arsitektur Harvard, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja.

Instruksi – instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi – instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus clock. 32 x 8-bit register serba guna digunakan untuk mendukung operasi pada ALU (Arithmetic Logic unit) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. 6 dari register serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah register pointer 16-bit pada mode pengalamatan tidak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data. Ketiga register pointer 16-bit ini disebut dengan register X (gabungan R26 dan R27), register Y (gabungan R28 dan R29), dan register Z (gabungan R30 dan R31). Hampir semua instruksi AVR memiliki format 16-bit. Setiap alamat memori program terdiri dari instruksi 16-bit atau 32-bit.

Selain register serba guna di atas, terdapat register lain yang terpetakan dengan teknik memory mapped I/O selebar 64 byte. Beberapa register ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai register control Timer/ Counter, Interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM, dan fungsi I/O lainnya.

Register – register ini menempati memori pada alamat 0x20h – 0x5Fh. Berikut ini adalah tampilan architecture ATmega 328 :

2.5.7 Catu Daya Arduino

Uno Arduino dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber listrik dipilih secara otomatis. Eksternal (nonUSB) daya dapat datang baik dari AC-DC adaptor atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan cara menghubungkannya *plug* pusat-positif 2.1mm ke dalam board colokan 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 dengan kurang dari 7V, bagaimanapun, pin 5V dapat menyuplai kurang dari 5 volt dan *board* mungkin tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan merusak *board*. Rentang yang dianjurkan adalah 7 - 12 volt.

Pin catu daya adalah sebagai berikut:

- VIN. Tegangan input ke *board* Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai lawan dari 5 volt dari koneksi USB atau sumber daya lainnya diatur). Anda dapat menyediakan tegangan melalui pin ini, atau, jika memasok tegangan melalui colokan listrik, mengaksesnya melalui pin ini.
- 5V. Catu daya diatur digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lainnya di *board*. Hal ini dapat terjadi baik dari VIN melalui regulator onboard, atau diberikan oleh USB .
- 3,3 volt pasokan yang dihasilkan oleh regulator on-board. Menarik arus maksimum adalah 50 mA.
- GND

2.5.8 Memory

ATmega328 ini memiliki 32 KB dengan 0,5 KB digunakan untuk *loading file*. Ia juga memiliki 2 KB dari SRAM dan 1 KB dari EEPROM

2.5.9 Input & Output Arduino

Masing-masing dari 14 pin digital pada Uno dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Mereka beroperasi di 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal dari 20-50 K Ω . Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

- Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data TTL serial. Pin ini terhubung ke pin yang sesuai dari chip ATmega8U2 USB-to-Serial TTL.
- Eksternal Interupsi: 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interupsi pada nilai yang rendah, tepi naik atau jatuh, atau perubahan nilai. Lihat `attachInterrupt ()` fungsi untuk rincian.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan 8-bit output PWM dengan `analogWrite ()` fungsi.
- SPI: 10 (SS), 11 (mosi), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI.
- LED: 13. Ada built-in LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin adalah nilai TINGGI, LED menyala, ketika pin adalah RENDAH, itu off.

Uno memiliki 6 input analog, diberi label A0 melalui A5, masing-masing menyediakan 10 bit resolusi yaitu 1024 nilai yang berbeda. Secara default sistem mengukur dari tanah sampai 5 volt.

- TWI: A4 atau SDA pin dan A5 atau SCL pin. Mendukung komunikasi TWI
- Aref. Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan `analogReference ()`.
- Reset.

2.5.10 Komunikasi Arduino

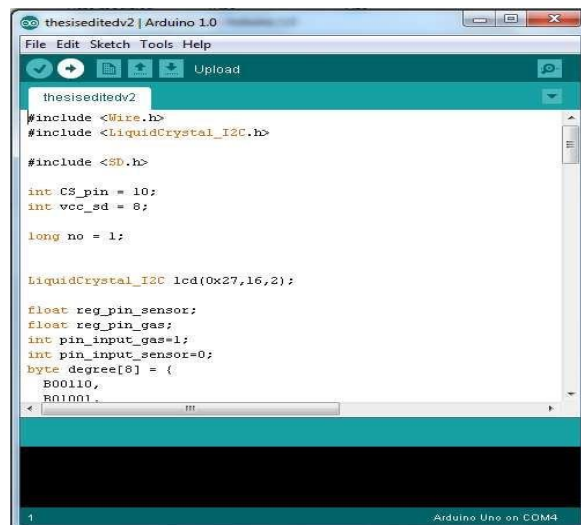
Uno Arduino memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lain. ATmega328 ini menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah ATmega16U2 pada saluran *board* ini komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai com port virtual untuk perangkat lunak pada komputer. *Firmware* Arduino menggunakan USB *driver* standar COM, dan tidak ada *driver* eksternal yang dibutuhkan. Namun, pada Windows, file. Inf diperlukan. Perangkat lunak Arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data sederhana yang akan dikirim ke *board* Arduino. RX dan TX LED di *board* akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dan koneksi USB ke komputer. ATmega328 ini juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI. Fungsi ini digunakan untuk melakukan komunikasi inteface pada sistem.

2.5.11 Programming

Uno Arduino dapat diprogram dengan perangkat lunak Arduino. Pilih Arduino Uno dari *Tool* lalu sesuaikan dengan mikrokontroler yang digunakan. Pada ATmega328 pada *Uno Arduino* memiliki bootloader yang memungkinkan Anda untuk meng-upload program baru untuk itu tanpa menggunakan programmer hardware eksternal. Ini berkomunikasi menggunakan protokol dari bahasa C. Sistem dapat menggunakan perangkat lunak FLIP Atmel (Windows) atau programmer DFU (Mac OS X dan Linux) untuk memuat *firmware* baru. Atau Anda dapat menggunakan header ISP dengan programmer eksternal .

2.5.12 Perangkat Lunak (Arduino IDE)

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.



```

thesiseditedv2 | Arduino 1.0
File Edit Sketch Tools Help
thesiseditedv2
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SD.h>

int CS_pin = 10;
int vcc_sd = 8;

long no = 1;

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

float reg_pin_sensor;
float reg_pin_gas;
int pin_input_gas=1;
int pin_input_sensor=0;
byte degree[8] = {
  B00110,
  B01001
}
Arduino Uno on COM4

```

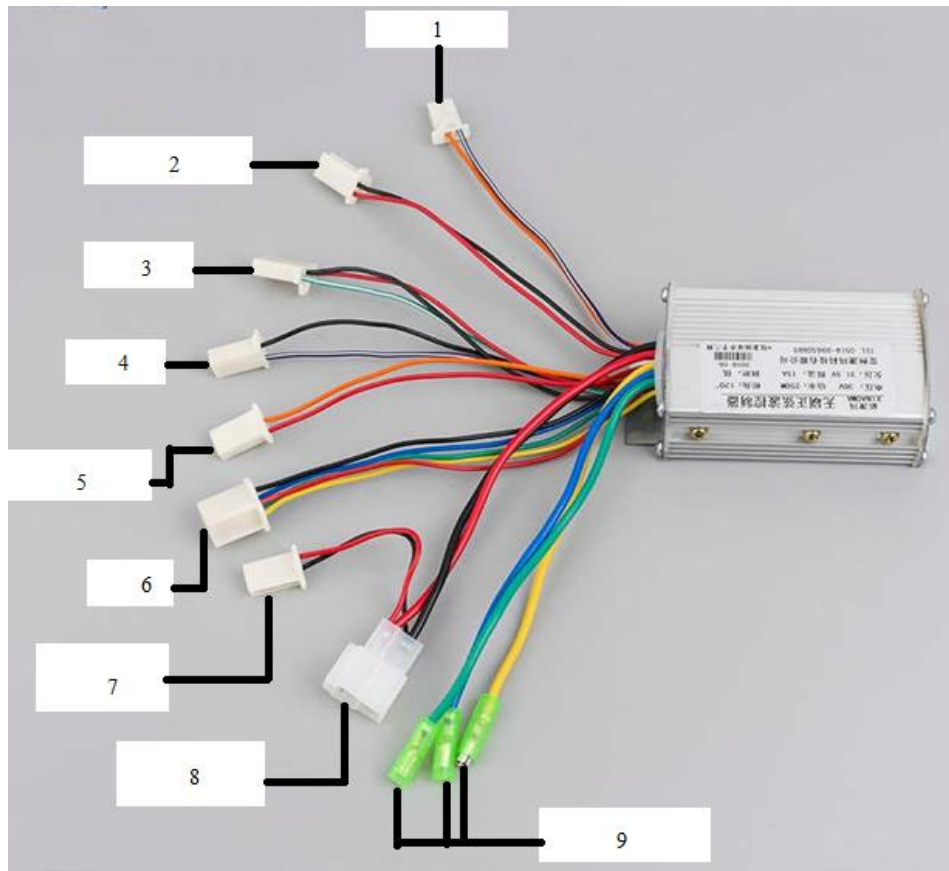
Gambar 2.8 Tampilan *Framework Arduino UNO*

(Septa Ajjie, 2016)

2.5.13 Otomatis Software Reset

Tombol reset *Uno Arduino* dirancang untuk menjalankan program yang tersimpan didalam mikrokontroller dari awal. Tombol reset terhubung ke Atmega328 melalui kapasitor 100nf. Setelah tombol reset ditekan cukup lama untuk me-reset chip, *software IDE* Arduino dapat juga berfungsi untuk meng-*upload* program dengan hanya menekan tombol *upload* di *software IDE* Arduino.

2.6 Kontroler Motor BLDC



Gambar 2.9 Koneksi Kontroler Motor Brushless

(Achmad Kurniawan, 2014)

Spesifikasi :

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

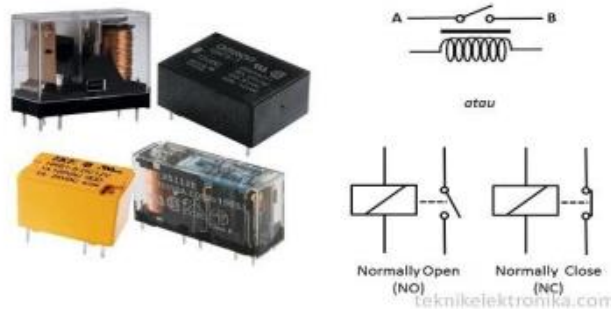
Keterangan :

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

9. Motor Fase

2.7 Relay

Relay adalah saklar mekanik yang dikendalikan atau dikontrol secara elektronik (elektro magnetik). Saklar pada *relay* akan terjadi perubahan posisi *OFF* ke *ON* pada saat diberikan energi elektro magnetik pada armatur *relay* tersebut. *Relay* pada dasarnya terdiri dari 2 bagian utama yaitu saklar mekanik dan sistem pembangkit elektromagnetik (induktor inti besi). Saklar atau *contactor relay* dikendalikan menggunakan tegangan listrik yang diberikan ke induktor pembangkit magnet untuk menarik armatur tuas saklar atau *contactor relay*. *Relay* yang ada di pasaran terdapat berbagai bentuk dan ukuran dengan tegangan kerja dan jumlah saklar yang bervariasi, berikut adalah salah satu bentuk *relay* yang ada di pasaran.



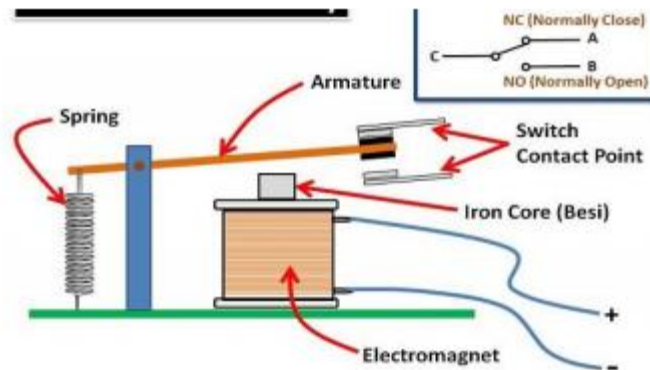
Gambar 2.10 Bentuk Relay dan Simbol Relay

(Didi Rizaldi, 2014)

Relay dibutuhkan dalam rangkaian elektronika sebagai eksekutor sekaligus *interface* antara beban dan sistem kendali elektronik yang berbeda sistem *power supply*-nya. Secara fisik antara saklar atau *contactor* dengan elektromagnet *relay* terpisah sehingga antara beban dan sistem kontrol terpisah.

Bagian utama *relay* elektro mekanik adalah sebagai berikut:

1. Kumparan Elektromagnet
2. Saklar atau *Contact*
3. *Swing Armature*
4. *Spring*



Gambar 2.11 Struktur Sederhana Relay

(Didi Rizaldi, 2014)

Relay dapat digunakan untuk mengontrol motor AC dengan rangkaian kontrol DC atau beban lain dengan sumber tegangan yang berbeda antara tegangan rangkaian kontrol dan tegangan beban. Diantara aplikasi *relay* yang dapat ditemui diantaranya adalah:

1. *Relay* sebagai kontrol On/Off beban dengan sumber tegangan berbeda.
2. *Relay* sebagai selektor atau pemilih hubungan.
3. *Relay* sebagai eksekutor rangkaian *delay* (tunda).
4. *Relay* protektor atau pemutus arus pada kondisi tertentu.

2.7.1 Konstruksi *Relay* Elektro Mekanik Posisi NC

Dari konstruksi relai elektro mekanik diatas dapat diuraikan sistem kerja atau proses relai bekerja. Pada saat elektromagnet tidak diberikan sumber tegangan maka tidak ada medan magnet yang menarik *armature*, sehingga saklar relai tetap terhubung ke terminal NC (*Normally Close*) seperti terlihat pada gambar konstruksi diatas. Kemudian pada saat elektromagnet diberikan sumber tegangan maka terdapat medan magnet yang menarik *armature*, sehingga saklar relai terhubung ke terminal NO (*Normally Open*).

2.7.2 Konstruksi *Relay* Elektro Mekanik Posisi NO

Relay elektro mekanik memiliki kondisi saklar dalam 3 posisi. Ketiga posisi saklar relai ini akan berubah pada saat *relay* ini akan berubah pada saat *relay* mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya. Ketiga posisi saklar *relay* tersebut adalah:

1. Posisi *Normally Open* (NO), yaitu posisi saklar *relay* yang terhubung ke terminal NO. Kondisi ini akan terjadi pada saat *relay* mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya.
2. Posisi *Normally Close* (NC), yaitu posisi saklar *relay* yang terhubung ke terminal NC. Kondisi ini terjadi pada saat *relay* tidak mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya.
3. Posisi *Change Over* (CO), yaitu kondisi perubahan armatur saklar *relay* yang berubah dari posisi NC ke NO atau sebaliknya dari NO ke NC. Kondisi ini terjadi saat sumber tegangan diberikan ke elektromagnet atau saat sumber tegangan diputus dari elektromagnet *relay*.

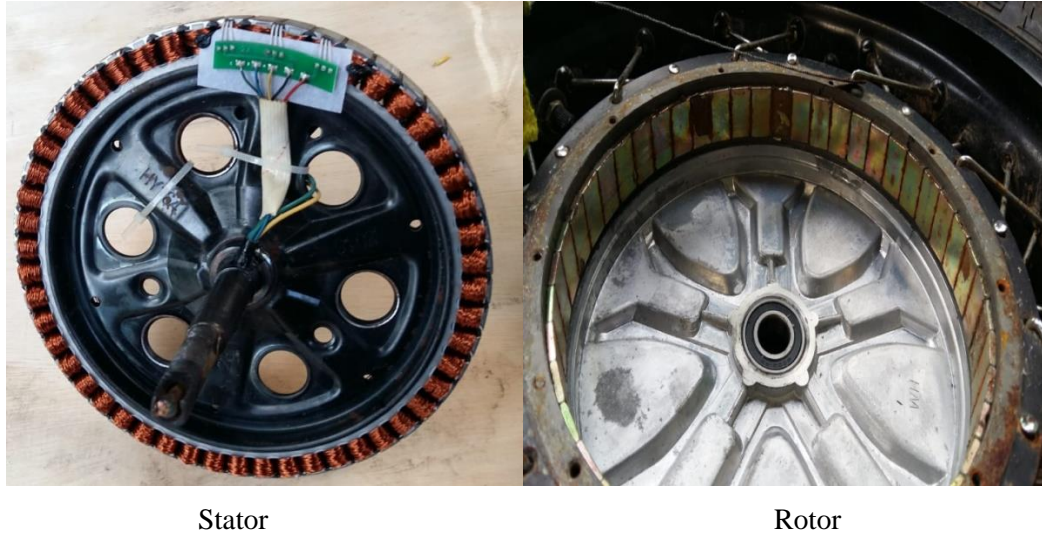
2.8 BLDC Motor

2.8.1 Pengertian BLDC Motor

BLDC Motor adalah suatu jenis motor sinkron, artinya medan magnet yang di hasilkan oleh stator dan medan magnet yang di hasilkan oleh rotor berputar di frekwensi yang sama.

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 (*Simpel Computer System*), maka kita dapat merubah arus di eletro-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.



Stator

Rotor

Gambar 2.12 Motor BLDC

(Yudho Adi, 2019)

2.8.2. Konstruksi BLDC Motor

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.

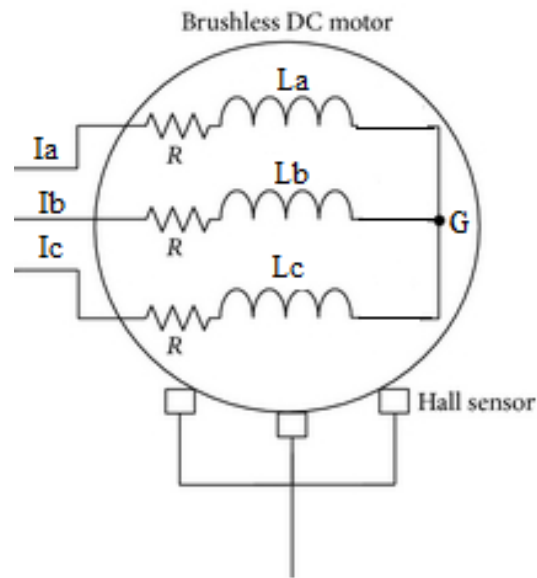
EMF balik adalah tegangan balik yang dihasilkan oleh belitan motor BLDC ketika motor BLDC tersebut berputar yang memiliki polaritas tegangan berlawanan arahnya dengan tegangan sumber yang dibangkitkan. Besarnya EMF balik dipengaruhi oleh kecepatan sudut putaran motor (ω),

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.

2.8.3 Skematik dan Cara Kerja Motor Brushless DC

2.8.3.1 Diagram Skematik Motor Brushless DC



Gambar 2.13 Skematik Motor Brushless DC

(Afwan Ilham, 2016)

2.8.3.2 Cara Kerja Motor Brushless DC

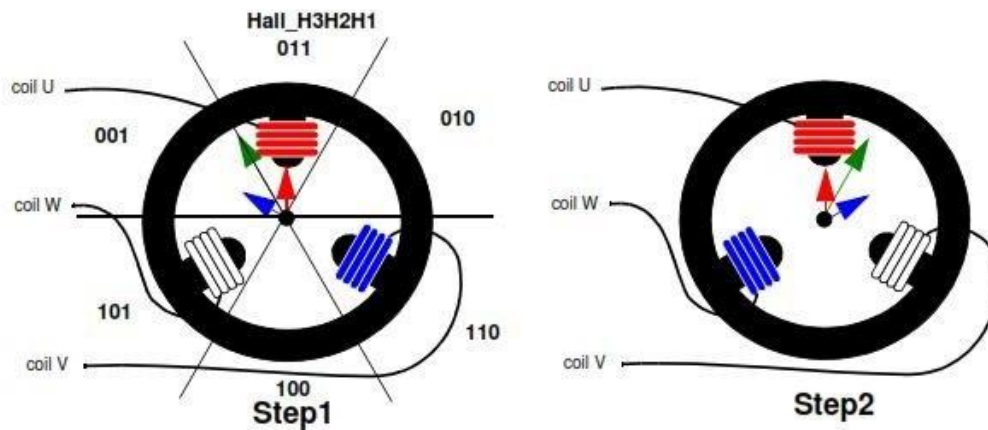
Berdasarkan prinsip kerja dari motor *brushless DC* dan cara kerja pengisian koil pada motor *brushless DC*, maka cara kerja dari motor *brushless DC* dapat dideskripsikan. Akan tetapi, sebelum mendeskripsikan skema cara kerja dari motor *brushless DC* ini, kita harus memperhatikan tabel perubahan komutasi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

Tabel 2.1

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*

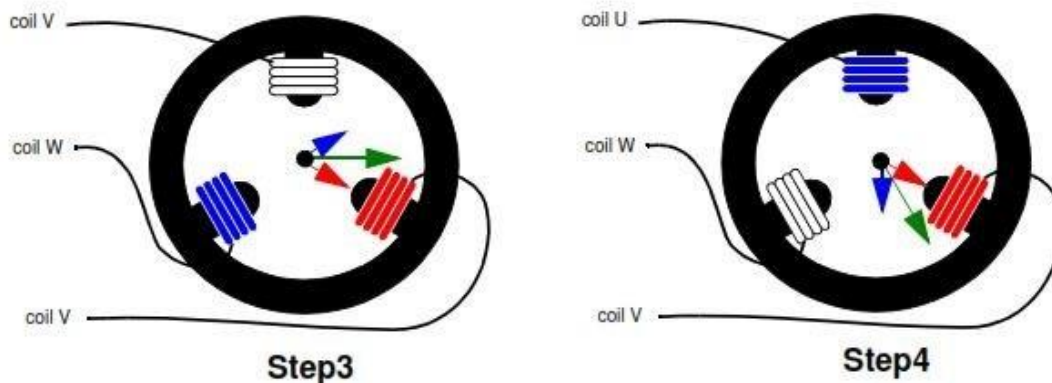
sekarang dapat digambarkan, skema cara kerja putaran motor DC *brushless* adalah sebagai berikut :



Gambar 2.14 Skema Kerja Step 1 dan Step 2 Motor DC *Brushless*

(Alfredo Sigian, 2015)

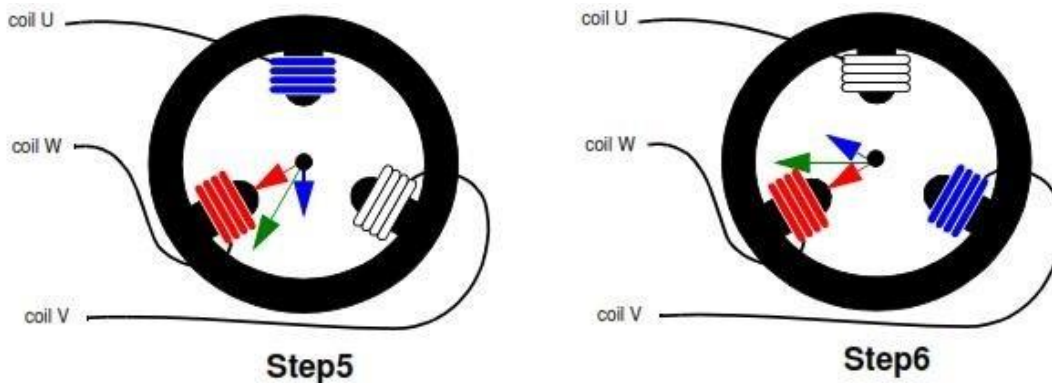
Komutasi menghasilkan medan putar. Pada step 1, fasa U dihubungkan ke kutub positif pada bus motor DC brushless (Q1) lihat Gambar 2.14., lalu fasa V dihubungkan ke ground netral (kutub negative baterai) melalui Q4, untuk fasa W tidak ter-*energize*, 2 buah vektor fluks dihasilkan oleh fasa U (panah merah) 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 2.14.



Gambar 2.15 Skema Kerja Step 3 dan Step 4 Motor DC *Brushless*

(Alfredo Sigian, 2015)

Pada gambar 2.15. 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 vektor 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 2.16 Skema Kerja Step 5 dan Step 6 Motor DC *Brushless*

(Alfredo Sigian, 2015)

Pada gambar 2.16. 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 elektrik motor BLDC untuk melakukan 1 putaran penuh mekanis motor.

2.9 Kelebihan dan Kekurangan Motor Brushless

Kelebihan :

1. Tinggi efisien

Brushless Motor lebih efisien pada konversi listrik menjadi tenaga mekanik daripada disikat motor. Karena didukung oleh sumber listrik DC melalui terpadu inverter/power supply switching, sensor tambahan dan elektronik kontrol inverter output amplitudo dan gelombang dan frekuensi. Tapi di motor disikat, elektromagnet dipasang pada lengan berputar, yang disebut angker atau rotor. Angker duduk antara dua Magnet ditetapkan dalam konfigurasi horseshoe,

secara kolektif disebut stator. Kapan kekuasaan adalah untuk makan elektromagnet, lengan bergerak, menyelaraskan Kutub Utara dan Selatan dari elektromagnet dengan Pola menentang stator.

2.Tenang

Pada motor brushless tidak ada gesekan yang disebabkan oleh sikat arang seperti pada motor brushed, jadi motor brushless memiliki suara yang lebih tenang

3. Waktu lama untuk menggunakan

Karena tidak adanya sikat, brushless motor, mengurangi kerugian akibat gesekan. pada motor yang menggunakan sikat menimbulkan gesekan yang semakin lama membuat sikat akan habis

kerugian :

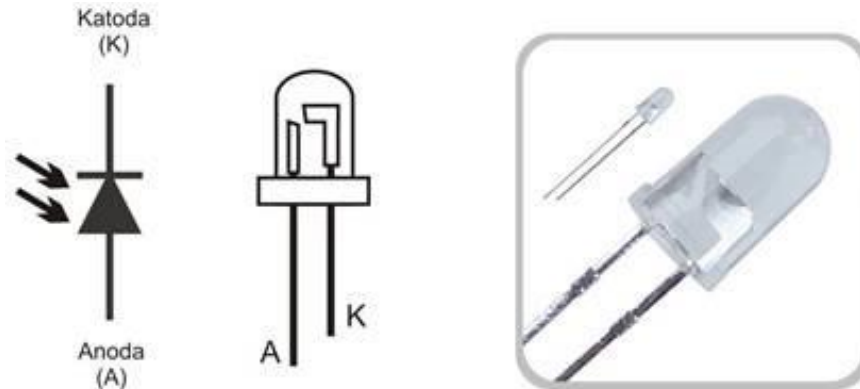
1. Biaya

Untuk kebanyakan orang yang memiliki brushless motor akan mengatakan brushless motor lebih mahal. Itu benar.

2.10 Sensor Photodiode

Photodiode adalah suatu jenis diode yang resistansinya akan berubah-ubah apabila terkena sinar cahaya yang dikirim oleh transmitter "LED". Resistansi dari photodiode dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterimanya, semakin banyak cahaya yang diterima maka semakin kecil resistansi dari photodiode dan begitupula sebaliknya jika semakin sedikit intensitas cahaya yang diterima oleh sensor photodiode maka semakin besar nilai resistansinya. Irmatrianjaswati- fst11.web.unair.ac.id "Sensor Photodiode" (trianjaswati:2012).

Pada dasarnya sensor photodiode sama seperti sensor LDR, yaitu mengubah besaran cahaya yang diterima sensor menjadi perubahan konduktansi (kemampuan suatu benda menghantarkan arus listrik dari suatu bahan). Seperti yang terlihat pada gambar merupakan bentuk fisik dari sensor photodiode.

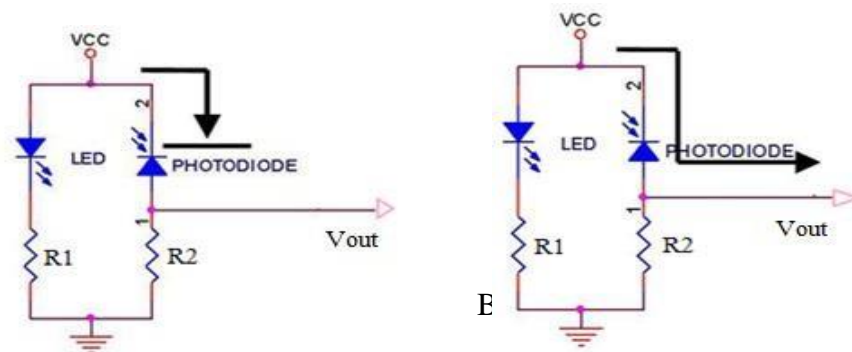


Gambar 2.17 Simbol dan bentuk fisik untuk photodiode

(Wahyudi, 2012)

Photodiode terbuat dari bahan semikonduktor. Photodiode yang sering digunakan pada rangkaian-rangkaian elektronika adalah photodiode dengan bahan silicon (Si) atau gallium arsenide (GaAs), dan lain-lain termasuk indium antimonide (InSb), indium arsenide (InAs), lead selenide (PbSe), dan timah sulfide (PbS).

2.10.1 Prinsip Kerja Sensor Photodiode



Gambar 2.18 Rangkaian prinsip kerja sensor photodiode

(Wahyudi, 2012)

Seperti yang terlihat pada gambar A merupakan rangkaian dasar dari sensor photodiode, pada kondisi awal LED sebagai *transmitter* cahaya akan menyinari photodiode sebagai *receiver* sehingga nilai resistansi pada sensor photodiode akan minimum dengan kata lain nilai V_{out} akan mendekati logika 0 (*low*). Sedangkan pada kondisi kedua pada gambar B cahaya pada led terhalang oleh permukaan hitam sehingga photodiode tidak dapat menerima cahaya dari led maka nilai resistansi R1 maksimum, sehingga nilai V_{out} akan mendekati V_{cc} yang berlogika 1 (*high*). Adapun rumus perhitungan untuk menghitung nilai dari V_{out} photodiode ataupun untuk menghitung nilai resistansi dari photodiode tersebut yaitu :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_{photodiode} + R_2} \times V_{in}$$

Keterangan :

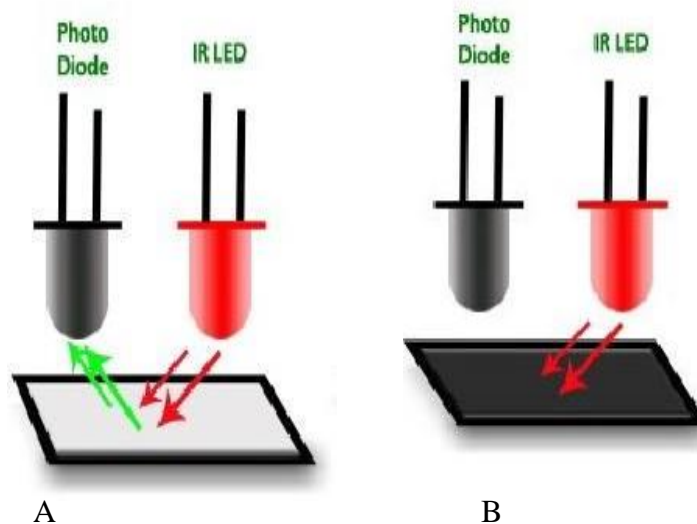
V_{in} = tegangan masukan pada rangkaian sensor

V_{out} = tegangan keluaran pada rangkaian sensor Photodiode

$R_{photodiode}$ = resistansi dari photodiode

R_2 = resistansi resistor pada rangkaian sensor photodiode

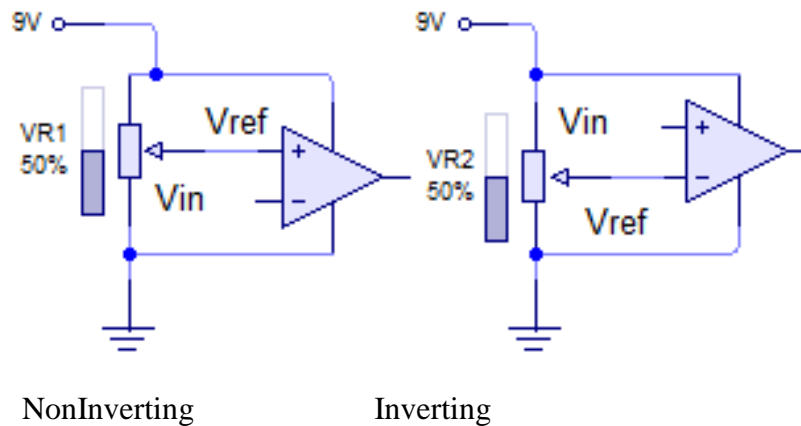
Adapun aplikasi dari rangkaian sensor photodiode yang telah dijelaskan sebelumnya dapat terlihat pada gambar 2.3A dan 2.3B.



Gambar 2.19A dan 2.19B merupakan desain photodiode untuk memberikan output pada photodiode agar berlogika low atau berlogika high yang disebabkan oleh warna permukaan yang fungsinya sebagai pemantul cahaya dari LED sebagai *transmitter*. Pada gambar 2.19A photodiode dipasang secara berdampingan antara photodiode (*receiver*) dan LED (*transmitter*). Didepan photodiode dan led diletakkan kertas putih sehingga cahaya yang dipancarkan dari led akan dipantulkan oleh kertas dan cahaya akan diterima oleh photodiode sehingga output dari photodiode berlogika 0 (*low*). Dan pada gambar 2.19B, photodiode dan LED diletakkan secara berdampingan dan didepannya diletakkan kertas berwarna hitam sehingga cahaya yang dipancarkan oleh led akan diserap oleh kertas berwarna hitam sehingga photodiode tidak dapat menerima cahaya. Dan itu menyebabkan output dari photodiode berlogika 1 (*high*).

2.11 Komparator

Komparator adalah komponen elektronik yang membandingkan dua nilai kemudian memberikan hasilnya, mana yang lebih besar dan mana yang lebih kecil. Komparator bisa dibuat dari konfigurasi open-loop Op Amp. Jika kedua input pada Op Amp pada kondisi open-loop, maka Op Amp akan membandingkan kedua saluran input tersebut. Hasil komparasi dua tegangan pada saluran masukan akan menghasilkan tegangan saturasi positif ($+V_{sat}$) atau saturasi negatif ($-V_{sat}$).



Gambar 2.20 Rangkaian Op-amp komparator

(Akbar Ghozali, 2013)

Sebuah rangkaian komparator pada Op Amp akan membandingkan tegangan yang masuk pada satu saluran input dengan tegangan pada saluran input lain, yang disebut tegangan referensi. Tegangan output berupa tegangan high atau low sesuai dengan perbandingan V_{in} dan V_{ref} . Besar tegangan keluaran dari komparator tidak bersifat linier secara proporsional terhadap besar tegangan input. Terdapat dua macam komparator, antara lain :

1. Komparator Tak-Membalik (Non-Inverting Comparator)
2. Komparator Membalik (Inverting Comparator)

1. Non-Inverting Comparator

Pada Non-Inverting Comparator, tegangan input dipasang pada saluran non-inverting (+) dan tegangan referensi pada saluran inverting (-).

Pada rangkaian Non-Inverting Comparator, jika V_{in} lebih besar dari V_{ref} , maka tegangan output adalah $+V_{sat}$ (mendekati tegangan $+V_{CC}$). Jika V_{in} lebih kecil dari V_{ref} , maka tegangan output adalah $-V_{sat}$ (mendekati tegangan $-V_{EE}$).

2. Inverting Comparator

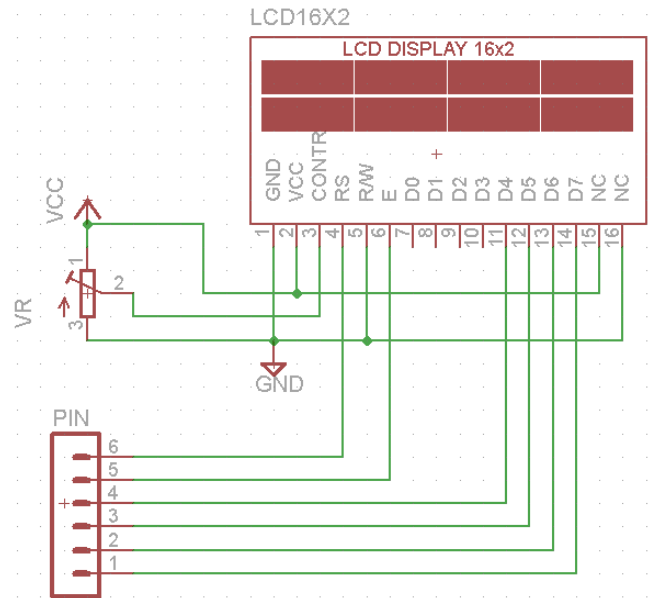
Pada Inverting Comparator tegangan input (V_{in}) dihubungkan pada saluran inverting (-) dan tegangan referensi (V_{ref}) pada saluran non-inverting (+). Tegangan referensi dapat menggunakan sumber catu daya tegangan konstan atau rangkaian pembagi tegangan.

Pada saat V_{in} lebih kecil dari V_{ref} , tegangan output V_o adalah $+V_{sat}$ ($+V_{CC}$). jika V_{in} lebih besar dari V_{ref} , maka tegangan output adalah $-V_{sat}$ ($-V_{EE}$).

2.12 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD merupakan salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf, atau grafik. LCD membutuhkan tegangan dan daya yang kecil sehingga sering digunakan untuk aplikasi pada kalkulator, arloji digital, dan instrumen elektronik seperti multimeter digital. LCD memanfaatkan silikon dan galium dalam bentuk kristal cair sebagai pemendar cahaya. Pada layar LCD, setiap matrik adalah susunan dua dimensi piksel yang dibagi dalam baris dan kolom. Dengan demikian, setiap pertemuan baris dan kolom terdiri dari LED pada bidang latar (*backplane*), yang merupakan lempengan kaca bagian belakang dengan sisi dalam yang ditutupi oleh lapisan elektroda transparan. Dalam keadaan normal, cairan yang digunakan memiliki warna cerah. Kemudian daerah-daerah tertentu pada cairan tersebut warnanya akan berubah menjadi hitam ketika tegangan diterapkan antara bidang latar dan pola elektroda .

Keunggulan menggunakan LCD adalah konsumsi daya yang relatif kecil dan menarik arus yang kecil (beberapa mikro ampere), sehingga alat atau sistem menjadi portable karena dapat menggunakan catu daya yang kecil. Keunggulan lainnya adalah ukuran LCD yang pas yakni tidak terlalu kecil dan tidak terlalu besar, kemudian tampilan yang diperlihatkan dari LCD dapat dibaca dengan mudah dan jelas (Setiawan, “*Mikrokontroler ATMEGA 8535 Bascom-AVR*”, 2010 : 24-27). Seperti yang terlihat pada gambar 2.11 merupakan gambar bentuk fisik dari LCD 16x2.



Gambar 2.21 Diagram LCD 16 x 2

(Wijaya, 2012)

Spesifikasi pada LCD 16x2 adalah sebagai berikut :

1. Terdiri dari 16 kolom dan 2 baris
2. Mempunyai 192 karakter yang tersimpan
3. Tegangan kerja 5V
4. Memiliki ukuran yang praktis

2.12.1 Prinsip Kerja LCD (*Liquid Crystal Display*)

Prinsip kerja LCD 16x2 adalah dengan menggunakan lapisan film yang berisi kristal cair dan diletakkan di antara dua lempeng kaca yang telah dipasang elektroda logam transparan. Saat tegangan dicatukan pada beberapa pasang elektroda, molekul-molekul kristal cair akan menyusun agar cahaya yang mengenainya akan diserap. Dari hasil penyerapan cahaya tersebut akan terbentuk huruf, angka, atau gambar sesuai bagian yang diaktifkan. Untuk membentuk karakter atau gambar pada kolom dan baris secara bersamaan digunakan metode *screening*. Metode *screening* adalah mengaktifkan daerah perpotongan suatu kolom dan baris secara bergantian dan cepat sehingga seolah-olah aktif semua (Setiawan, “*Mikrokontroler ATMEGA 8535 Bascom-AVR*”, 2010 : 27).

2.12.2 Deskripsi Pin LCD 16*2

Tabel 2.2 Deskripsi Pin Pada LCD

Pin	Simbol	I/O	Deskripsi
1	VSS	--	Ground
2	VCC	--	+ 5 V power suplay
3	VEE	--	Power suplay source to control contrast
4	RS	I	Register select: RS = 0 to select instruksi. Command register; RS =1 to select data
5	R/W	I	Read/Write: R/W =0 for write, R/W= 1 for read
6	E	I	Enable
7	DB0	I/O	The 8-bit data bus
8	DB1	I/O	The 8-bit data bus
9	DB2	I/O	The 8-bit data bus
10	DB3	I/O	The 8-bit data bus
11	DB4	I/O	The 8-bit data bus
12	DB5	I/O	The 8-bit data bus
13	DB6	I/O	The 8-bit data bus
14	DB7	I/O	The 8-bit data bus