

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

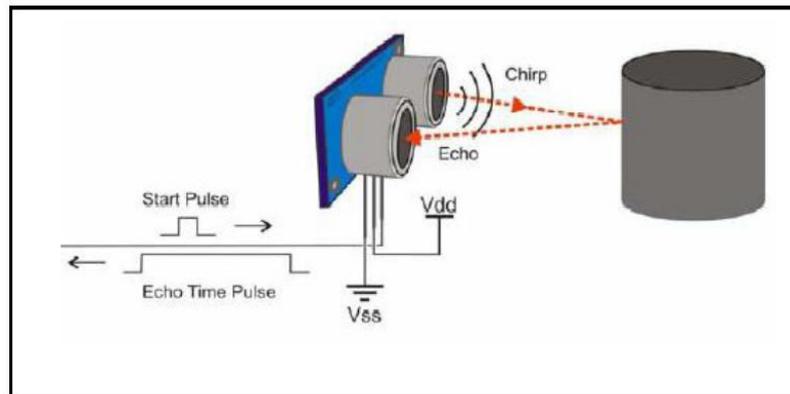
2.1 Robot

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dulu (kecerdasan buatan). Robot biasanya digunakan untuk tugas yang berat, berbahaya, pekerjaan yang berulang dan kotor. Biasanya kebanyakan robot industri digunakan dalam bidang produksi. Penggunaan robot lainnya termasuk untuk pembersihan limbah beracun, penjelajahan bawah air dan luar angkasa, pertambangan, pekerjaan "cari dan tolong" (*search and rescue*), dan untuk pencarian tambang.

2.2 Sensor Ultrasonik

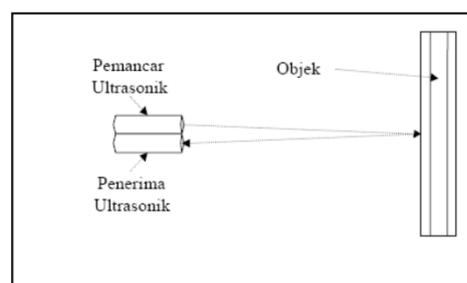
Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu di depannya, frekuensi kerjanya pada daerah di atas gelombang suara dari 40 KHz hingga 400 KHz. Sensor ultrasonik terdiri dari dua unit, yaitu unit pemancar dan unit penerima. Struktur unit pemancar dan penerima sangatlah sederhana, sebuah kristal *piezoelectric* dihubungkan dengan mekanik jangkar dan hanya dihubungkan dengan diafragma penggetar.

Kontraksi yang terjadi diteruskan ke diafragma penggetar sehingga terjadi gelombang ultrasonik yang dipancarkan ke udara (tempat sekitarnya). Pantulan gelombang ultrasonik akan terjadi bila ada objek tertentu dan pantulan gelombang ultrasonik akan diterima kembali oleh unit sensor penerima. Selanjutnya unit sensor penerima akan menyebabkan diafragma penggetar akan bergetar dan efek *piezoelectric* menghasilkan sebuah tegangan bolak-balik dengan frekuensi yang sama. Untuk lebih jelas tentang prinsip kerja dari sensor ultrasonik dapat dilihat prinsip dari sensor ultrasonik pada gambar 2.1 berikut :



Gambar 2.1 Sensor Ultrasonik

Besar amplitudo sinyal elektrik yang dihasilkan unit sensor penerima tergantung dari jauh dekatnya objek yang dideteksi serta kualitas dari sensor pemancar dan sensor penerima. Proses sensing yang dilakukan pada sensor ini menggunakan metode pantulan untuk menghitung jarak antara sensor dengan obyek sasaran. Jarak antara sensor tersebut dihitung dengan cara mengalikan setengah waktu yang digunakan oleh sinyal ultrasonik dalam perjalanannya dari rangkaian pengirim sampai diterima oleh rangkaian penerima, dengan kecepatan rambat dari sinyal ultrasonik tersebut pada media rambat yang digunakannya, yaitu udara. Prinsip pantulan dari sensor ultrasonik ini dapat dilihat pada gambar 2.2 sebagai berikut :



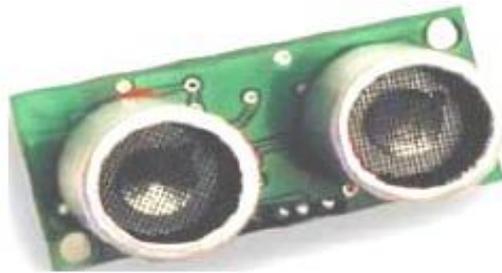
Gambar 2.2 Prinsip pemantulan ultrasonik

Terdapat 2 jenis sensor ultrasonik yang beredar di pasaran yaitu :

1. Sensor ultrasonik *defantech* (SRF 04 ranger)
2. Sensor ultrasonik ping (*parallax*)

2.2.1 SRF04

Sensor ultrasonik menggunakan modul jadi dari *DEVANTECH*. Dengan 2 buah pin kontrol, antara lain sebuah pin input triger dan sebuah pin output data. Sensor ultrasonik tampak pada gambar dibawah



Gambar 2.3 Foto Sensor Ultrasonik SRF-04

Range Finder (Devantech SRF-04) Sensor jarak ultrasonik *Devantech* SRF-04 merupakan sensor jarak yang presisi. Dapat melakukan pengukuran jarak 3 cm sampai 3 meter dan sangat mudah untuk dihubungkan ke mikrokontroler menggunakan sebuah *pin Input* dan *pin Output*.

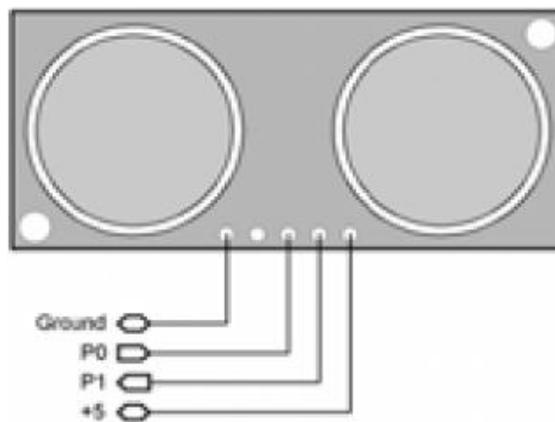
Sensor *Devantech* SRF-04 bekerja dengan cara memancarkan sinyal ultrasonik sesaat dan menghasilkan pulsa output yang sesuai dengan waktu pantul sinyal ultrasonik sesaat kembali menuju sensor. Dengan mengukur lebar pulsa pantulan tersebut jarak target didepan sensor dapat diketahui.

Spesifikasi dari sensor ultrasonik SRF04

- *Voltage* : 5 v
- *Current* : 30 mA Typ. 50mA Max.
- *Frequency* : 40 kHz
- *Max Range* : 300 cm
- *Min Range* : 3 cm
- *Sensitivity* : Detect 3 cm diameter broom handle at > 2 m

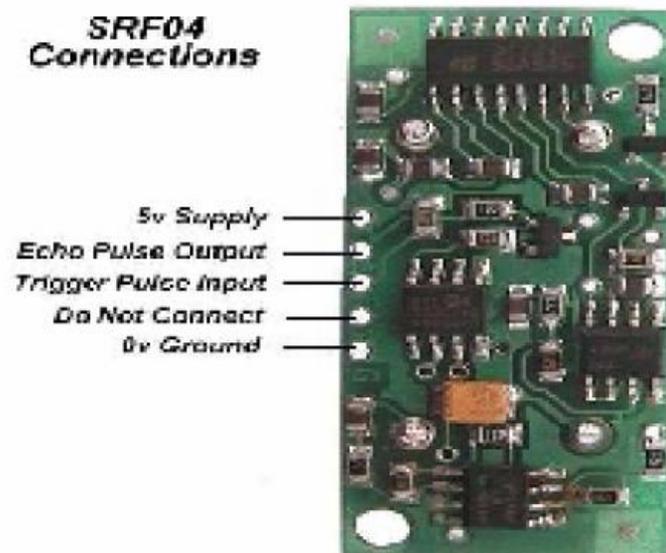
- *Input Trigger* : 10 uS Min. TTL level pulse
- *Echo Pulse* : Positive TTL level signal, width proportional to range.
- *Small Size* – (1.7 in x .8 in x .7 in height) 43 mm x 20 mm x 17 mm height

Dimensi *range finder* tampak pada gambar dibawah ini



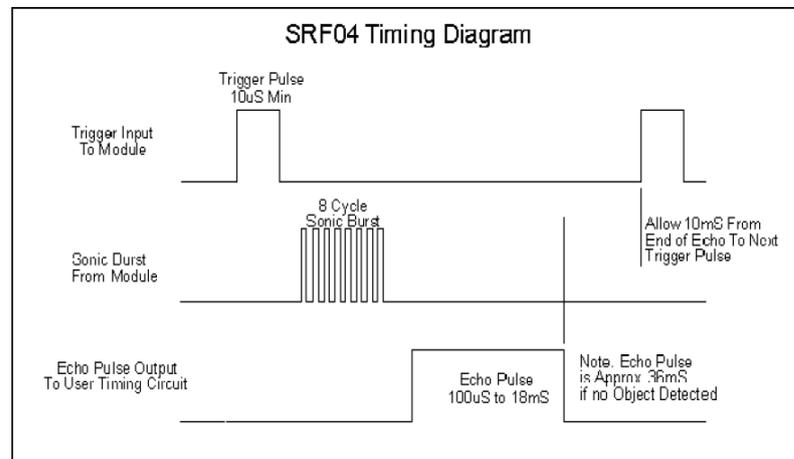
Gambar 2.4 Dimensi *range finder* Sensor Ultrasonik SRF04

Definisi pin *range finder* tampak pada gambar dibawah ini.



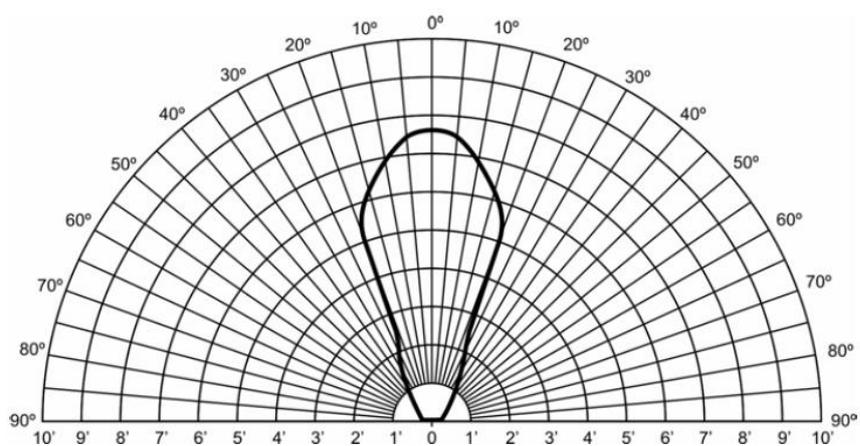
Gambar 2.5 Foto definisi pin *range finder*

Diagram pewaktuan sensor ultrasonik SFR04 tampak pada gambar dibawah ini.

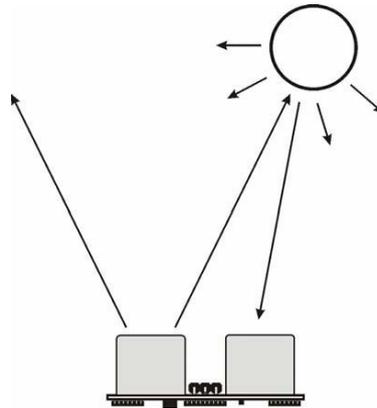


Gambar 2.6 Diagram pewaktuan sensor ultrasonik SFR04

Selain range jarak antara 3 cm sampai 3 m yang mampu dideteksi oleh sensor ultrasonik SFR04, sudut pancaran dari sensor jarak ultrasonik SFR04 adalah dari 0° sampai dengan 30° .



Gambar 2.7 Sudut pancaran sensor ultrasonik SFR04



Gambar 2.8 Pola radiasi sensor ultrasonik SFR04

Untuk mengaktifkan sensor maka modul diberi *trigger* pulsa maka sensor akan mengeluarkan sinyal *pwm* dan *duty cycle* tersebut sebagai jarak objek dengan sensor. Keenam sensor ditrigger secara bergantian, kemudian dihitung lebar *duty cyclenya*. Selanjutnya data ultrasonik dikirim secara berurutan sesuai urutan *scanning* dengan komunikasi serial. Data yang dikirim adalah data 8-bit dengan nilai 5-255, dimana nilai 0 digunakan sebagai tanda akhir data. Untuk menghitung waktu tempuh pemancaran gelombang dari *transmitter* ke *receiver* dapat menggunakan rumus.

Perhitungan menggunakan rumus

$$S = (T_{in} \times V) / 2 \dots\dots\dots (2.1)$$

S = Jarak antara sensor ultrasonik dengan objek yang dideteksi (m)

T_{in} = Selisih waktu pemancaran dan penerimaan pantulan gelombang. (s)

V = Cepat rambat gelombang ultrasonik di udara (344 m/s)

2.3 Mikrokontroler ATmega 32

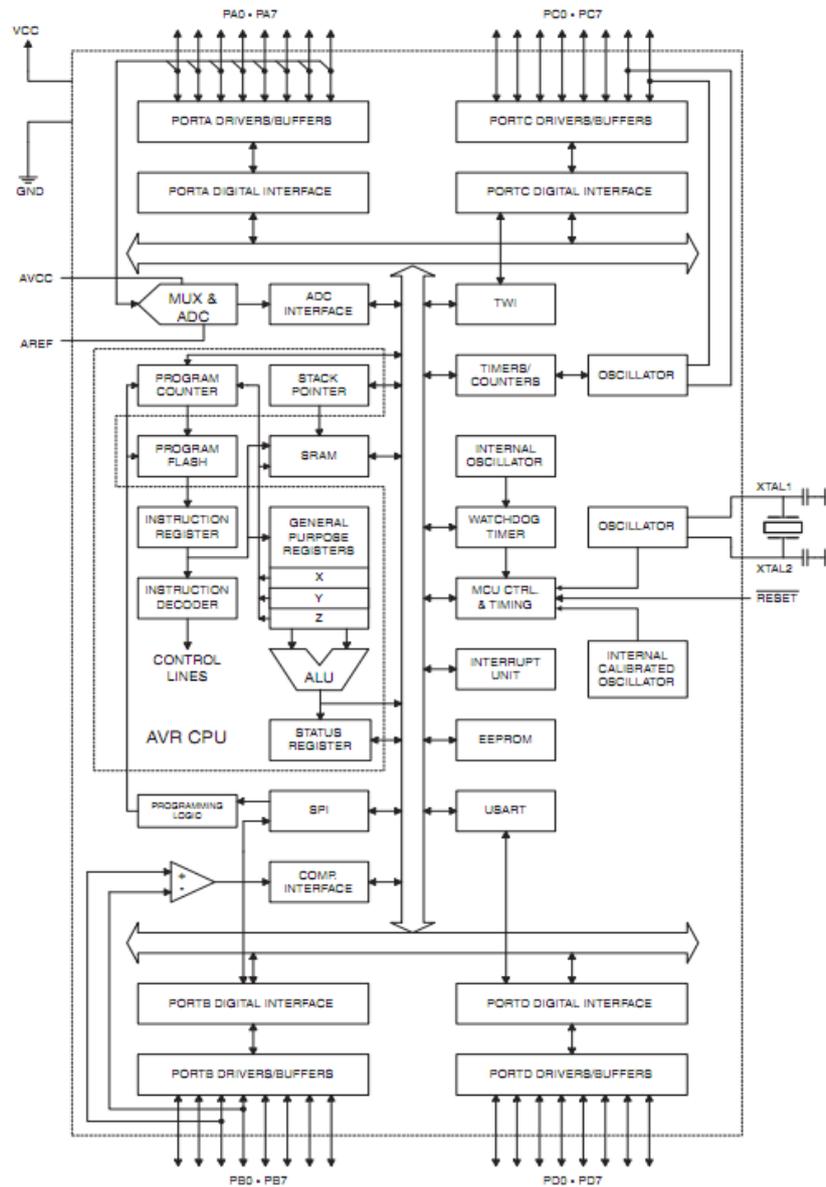
Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu serpih (*chip*). Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa I/O magnet masukan maupun keluaran, dan beberapa *peripheral* seperti pencacah / pewaktu, ADC (*Analog to Digital Converter*), DAC (*Digital to Analog Converter*) dan serial komunikasi.

Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. AVR adalah mikrokontroler RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) 8 bit berdasarkan arsitektur *Harvard*. Secara umum mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATmega dan Attiny. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, *peripheral*, dan fiturnya. Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara internal mikrokontroler ATmega32 terdiri atas unit-unit fungsionalnya *Arithmetic and Logical Unit* (ALU), himpunan register kerja, register dan I/O magneti instruksi, dan pewaktu beserta komponen kendali lainnya. Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyediakan memori dalam serpih yang sama dengan prosesornya (*in chip*).

Mikrokontroler AVR ATmega 32 memiliki arsitektur RISC 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (*16-bit word*) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus *clock*, berbeda dengan instruksi Mikrokontroler seri S51 (MCS51) yang membutuhkan 12 siklus *clock*. Selain karena mudah didapatkan dan murah, ATmega32 memiliki fasilitas sebagai berikut:

1. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D
2. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
3. Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan.
4. CPU yang terdiri atas 32 buah *register*.
5. *Watchdog Timer* dengan osilator internal.
6. SRAM sebesar 512 byte.
7. Memori *Flash* sebesar 8 kb dengan kemampuan *Read While Write*.
8. Unit interupsi internal dan eksternal.
9. Port antarmuka SPI.
10. EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi.
11. Antarmuka komparator analog.
12. Port USART untuk komunikasi serial.

2.3.1 Arsitektur Mikrokontroler ATmega32



Gambar 2.9 Blok Diagram ATmega 32

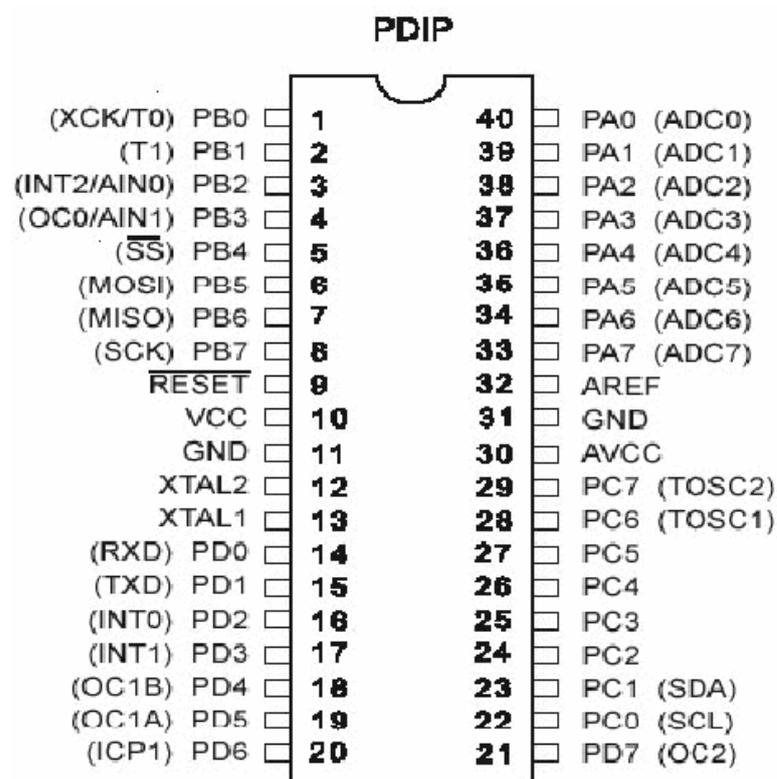
2.3.2 Fitur ATmega32

Kapabilitas detail dari ATmega32 adalah sebagai berikut (Atmel., 2014):

- Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz.

- b. Kapabilitas memori *flash* 8 KB, SRAM sebesar 512 *byte*, dan EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 512 *byte*.
- c. ADC *internal* dengan fidelitas 10 bit sebanyak 8 *channel*.
- d. Portal komunikasi serial (USART) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps.
- e. Enam pilihan mode *sleep* menghemat penggunaan daya listrik.

2.3.3 Konfigurasi Pin ATmega32



Gambar 2.10 Konfigurasi Pin ATmega32

Dari Gambar 2.10 secara fungsional adalah konfigurasi pin ATmega32 sebagai berikut :

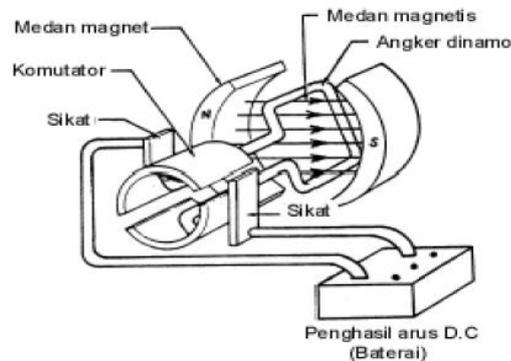
1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya.
2. GND merupakan pin *ground*.
3. Port A (PA0..PA7) merupakan pin I/O dua arah dan pin masukan ADC.
4. Port B (PB0..PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *Timer/Counter*, komparator analog, dan SPI.
5. Port C (PC0..PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, TWI, komparator analog, dan *Timer Oscillator*.
6. Port D (PD0..PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial.
7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock* eksternal.
9. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC

2.4 Motor DC

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energy listrik menjadi 14agnet mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower*, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan,dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, *fan* angin) dan di 14agnetic. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya 14agnetic sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di 14agnetic.

Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi 14agnet mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet.

Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.



Gambar 2.11 Motor DC Sederhana

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum :

- Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya.
- Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran / *loop*, maka kedua sisi *loop*, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.
- Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar / torque untuk memutar kumparan.
- Motor-motor memiliki beberapa *loop* pada dinamonya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

2.4.1 Jenis – Jenis Motor DC

Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/direct-unidirectional. Motor DC memiliki 3 bagian atau komponen utama untuk dapat berputar sebagai berikut. Bagian Atau Komponen Utama Motor DC Kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetic field melintasi ruang terbuka diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih electromagnet. *Current* Elektromagnet atau Dinamo. Dinamo yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as

penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, magnet berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. *Commutator*. Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk transmisi arus antara magnet dan sumber daya motor DC. Keuntungan utama motor DC adalah sebagai pengendali kecepatan, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur: Tegangan magnet – meningkatkan tegangan magnet akan meningkatkan kecepatan Arus medan – menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan. Motor DC Tipe *Shunt* Pada motor *shunt*, gulungan medan (medan *shunt*) disambungkan secara *magnetic* dengan gulungan magnet (A). Oleh karena itu total arus dalam jalur merupakan penjumlahan arus medan dan arus magnet. Karakter kecepatan motor DC tipe *shunt* adalah :

Kecepatan pada prakteknya konstan tidak tergantung pada beban (hingga *torque* tertentu setelah kecepatannya berkurang) dan oleh karena itu cocok untuk penggunaan komersial dengan beban awal yang rendah, seperti peralatan mesin. Kecepatan dapat dikendalikan dengan cara memasang tahanan dalam susunan seri dengan magnet (kecepatan berkurang) atau dengan memasang tahanan pada arus medan (kecepatan bertambah). Motor DC Tipe Seri Dalam motor seri, gulungan medan (medan *shunt*) dihubungkan secara seri dengan gulungan magnet (A). Oleh karena itu, arus medan sama dengan arus magnet. Karakter kecepatan dari motor DC tipe seri adalah : Kecepatan dibatasi pada 5000 RPM. Harus dihindarkan menjalankan motor seri tanpa ada beban, sebab motor akan mempercepat tanpa terkendali. Motor DC Tipe Kompon/Gabungan Motor Kompon DC merupakan gabungan motor seri dan *shunt*. Pada motor kompon, gulungan medan (medan *shunt*) dihubungkan secara *magnetic* dan seri dengan gulungan dinamo (A). Sehingga, motor kompon memiliki *torque* penyalaan awal yang bagus dan kecepatan yang stabil. Karakter dari motor DC tipe kompon/gabungan ini adalah, makin tinggi *persentase* penggabungan (yakni *persentase* gulungan medan yang dihubungkan secara seri), makin tinggi pula *torque* penyalaan awal yang dapat ditangani oleh motor ini demikian beberapa contoh motor dc dan *power window* pada Gambar 2.12 Contoh jenis-jenis Motor DC.

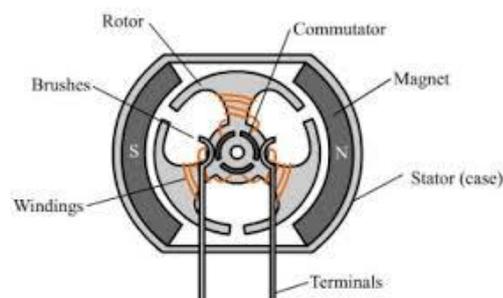


Gambar 2.12 Foto contoh jenis-jenis Motor DC

2.4.2 Konstruksi Motor DC.

Bagian-bagian yang penting dari motor dc dapat ditunjukkan pada gambar 2.12, dimana stator mempunyai kutub yang menonjol dan dililit oleh kumparan medan. Pembagian dari fluks yang terdapat pada daerah celah udara yang dihasilkan oleh lilitan medan secara simetris yang berada disekitar daerah tengah kutub kumparan medan.

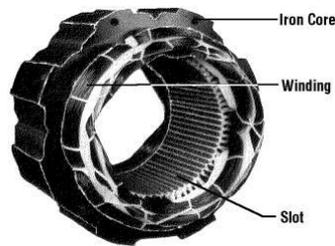
Kumparan penguat dihubungkan secara seri, letak kumparan jangkar berada pada slot besi yang berada disebelah luar permukaan jangkar. Pada jangkar terdapat komutator yang berbentuk silinder dan isolasi sisi kumparan yang dihubungkan dengan komutator pada beberapa bagian yang berbeda sesuai dengan jenis belitan.



Gambar 2.13 Konstruksi Motor DC

a. Stator Motor DC

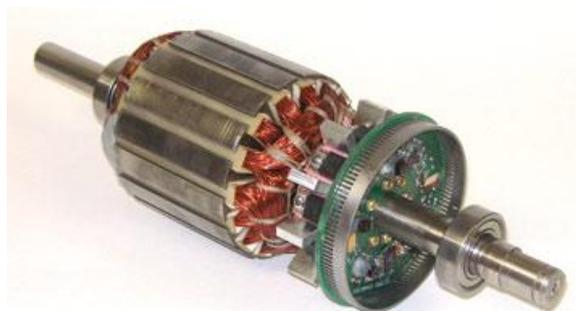
Stator merupakan bagian dari motor yang permanen atau tidak berputar. Bagian ini menghasilkan medan magnet, baik yang dihasilkan dari koil (elektromagnetik), maupun dari magnet.



Gambar 2.14 Konstruksi Bagian Stator Motor

b. Rotor Motor DC

Fungsi dari rotor yaitu untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gerak putar. Rotor terdiri dari poros baja dimana tumpukan keping-keping inti yang berbentuk silinder dijepit. Pada inti terdapat alur-alur dimana lilitan rotor diletakkan. Suatu kumparan motor akan berfungsi apabila mempunyai kumparan medan, kumparan tersebut berfungsi sebagai penghasil medan magnet..



Gambar 2.15 Foto Konstruksi Rotor Motor DC

c. Komutator

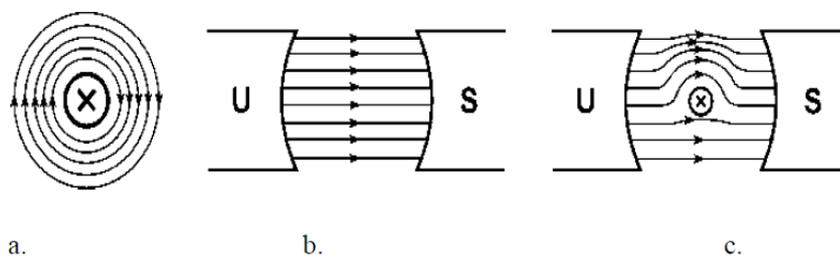
Konstruksi dari komutator terdiri dari lamel-lamel, antar lamel dengan lamel lainnya diisolasi dengan *mica*. Gambar 2.16 merupakan gambar komutator pada motor DC.



Gambar 2.16 Foto Konstruksi Komutator Motor DC

2.4.3 Prinsip Kerja Motor Arus Searah

Sebuah konduktor yang dialiri arus mempunyai medan magnet disekelilingnya. Pada saat konduktor yang dialiri arus listrik yang ditempatkan pada suatu medan magnet maka konduktor akan mengalami gaya mekanik, seperti diperlihatkan pada gambar 2.17.

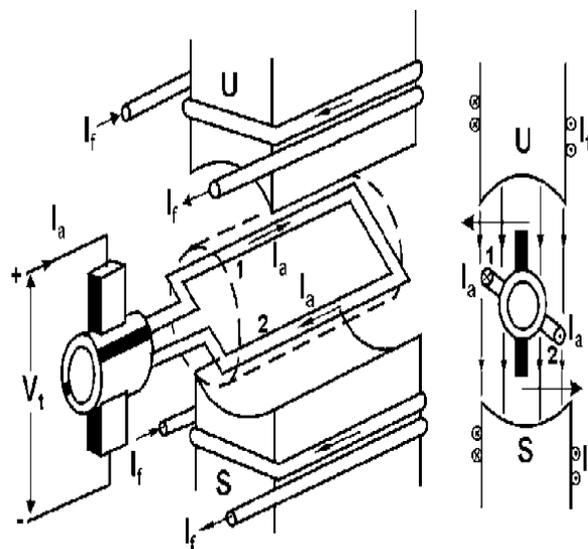


Gambar 2.17 Pengaruh penempatan konduktor berarus dalam medan magnet

(a) menggambarkan sebuah konduktor yang dialiri arus listrik menghasilkan medan magnet disekelilingnya. Arah medan magnet yang dihasilkan oleh konduktor dapat diperoleh dengan menggunakan kaidah tangan kanan. Kuat medan tergantung pada besarnya arus yang mengalir pada konduktor.

(b) menunjukkan sebuah medan magnet yang arah medan magnetnya adalah dari kutub utara menuju kutub selatan. Pada saat konduktor dengan arah arus menjauhi pembaca ditempatkan didalam medan magnet seragam.

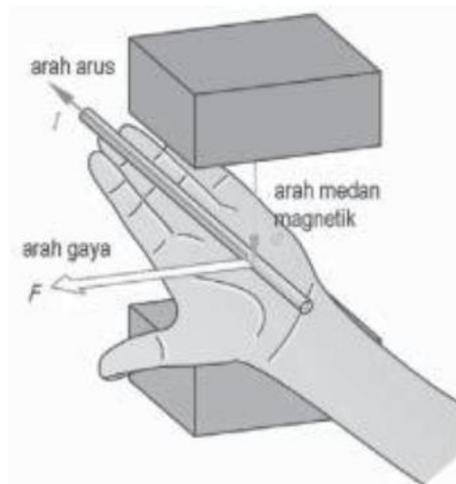
(c) konduktor yang dialiri arus listrik menghasilkan medan magnet disekelilingnya. Arah medan magnet yang dihasilkan oleh konduktor dapat diperoleh dengan menggunakan kaidah tangan kanan. Kuat medan tergantung pada besarnya arus yang mengalir pada konduktor.



Gambar 2.18 Prinsip Kerja Motor DC

Pada saat kumparan medan dihubungkan dengan sumber tegangan, mengalir arus medan pada kumparan medan karena rangkaian tertutup sehingga menghasilkan fluksi magnet yang arahnya dari kutub utara menuju kutub selatan. Selanjutnya ketika kumparan jangkar dihubungkan kesumber tegangan, pada kumparan jangkar mengalir arus jangkar. Arus yang mengalir pada konduktor –

konduktor kumparan jangkar menimbulkan fluksi magnet yang melingkar. Fluksi jangkar ini memotong fluksi dari kutub medan, sehingga menyebabkan perubahan kerapatan fluksi dari medan utama. Hal ini menyebabkan jangkar mengalami gaya sehingga menimbulkan torsi. Gaya yang dihasilkan pada setiap konduktor dari sebuah jangkar, merupakan akibat aksi gabungan medan utama dan medan disekeliling konduktor. Gaya yang dihasilkan berbanding lurus dengan besar fluksi medan utama dan kuat medan di sekeliling konduktor. Medan di sekeliling masing-masing konduktor jangkar tergantung pada besarnya arus jangkar yang mengalir pada konduktor tersebut. Arah gaya ini dapat ditentukan dengan kaidah tangan kiri lihat gambar, *Gambar 2.19 kaidah tangan Kiri sebagai Prinsip kerja Motor.*



Gambar 2.19 Kaidah tangan Kiri sebagai Prinsip kerja Motor.

Besarnya gaya $F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin\theta$, karena arus jangkar (I) tegak lurus dengan arah induksi magnetik (B) maka besar gaya yang dihasilkan oleh arus yang mengalir pada konduktor jangkar yang ditempatkan dalam suatu medan magnet adalah :

$$F = B \cdot I \cdot l \text{ Newton..... (2.2)}$$

Dimana :

F = Gaya Lorentz (*Newton*)

I = Arus yang mengalir pada konduktor jangkar (*Ampere*)

B = Kerapatan fluksi (*Weber/m²*)

l = Panjang konduktor jangkar (m)

2.5 MOSFET

MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) adalah suatu transistor dari bahan semikonduktor (silikon) dengan tingkat konsentrasi ketidakmurnian tertentu. Tingkat dari ketidakmurnian ini akan menentukan jenis transistor tersebut, yaitu transistor MOSFET tipe-N (NMOS) dan transistor MOSFET tipe-P (PMOS). Bahan silicon digunakan sebagai landasan (*substrat*) dari penguras (*drain*), sumber (*source*), dan gerbang (*gate*). Selanjutnya transistor dibuat sedemikian rupa agar antara substrat dan gerbangnya dibatasi oleh oksida silikon yang sangat tipis. Oksida ini diendapkan di atas sisi kiri dari kanal, sehingga transistor MOSFET akan mempunyai kelebihan dibanding dengan transistor BJT (*Bipolar Junction Transistor*), yaitu menghasilkan disipasi daya yang rendah.

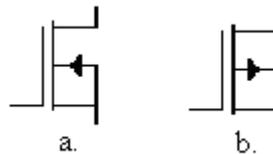
2.5.1 Jenis-jenis MOSFET

MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) adalah suatu transistor dari bahan semikonduktor (silikon) dengan tingkat konsentrasi ketidakmurnian tertentu. Tingkat dari ketidakmurnian ini akan menentukan jenis transistor tersebut, yaitu transistor MOSFET tipe-N (NMOS) dan transistor MOSFET tipe-P (PMOS). Bahan silicon ini yang akan digunakan sebagai landasan (*substrat*) penguras (*drain*), sumber (*source*), dan gerbang (*gate*). Selanjutnya transistor ini dibuat sedemikian rupa agar antara substrat dan gerbangnya dibatasi oleh oksida *silicon* yang sangat tipis. Oksida ini diendapkan di atas sisi kiri kanal, sehingga transistor MOSFET akan mempunyai kelebihan dibanding dengan transistor BJT (*Bipolar Junction Transistor*), yaitu menghasilkan disipasi daya yang rendah.

Bila dilihat dari cara kerjanya, transistor MOS dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

1) Transistor Mode Pengosongan (*Transistor Mode Depletion*)

Pada transistor mode depletion, antara drain dan source terdapat saluran yang menghubungkan dua terminal tersebut, dimana saluran tersebut mempunyai fungsi sebagai saluran tempat mengalirnya elektron bebas. Lebar dari saluran itu sendiri dapat dikendalikan oleh tegangan gerbang. Transistor MOSFET mode pengosongan terdiri dari tipe-N dan tipe-P, simbol transistor ditunjukkan dalam Gambar .

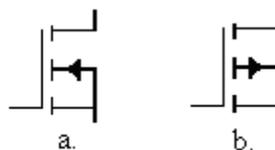


Gambar 2.20 Simbol Transistor MOSFET Mode *Depletion*

(a). *N-Channel Depletion* (b). *P-Channel Depletion*

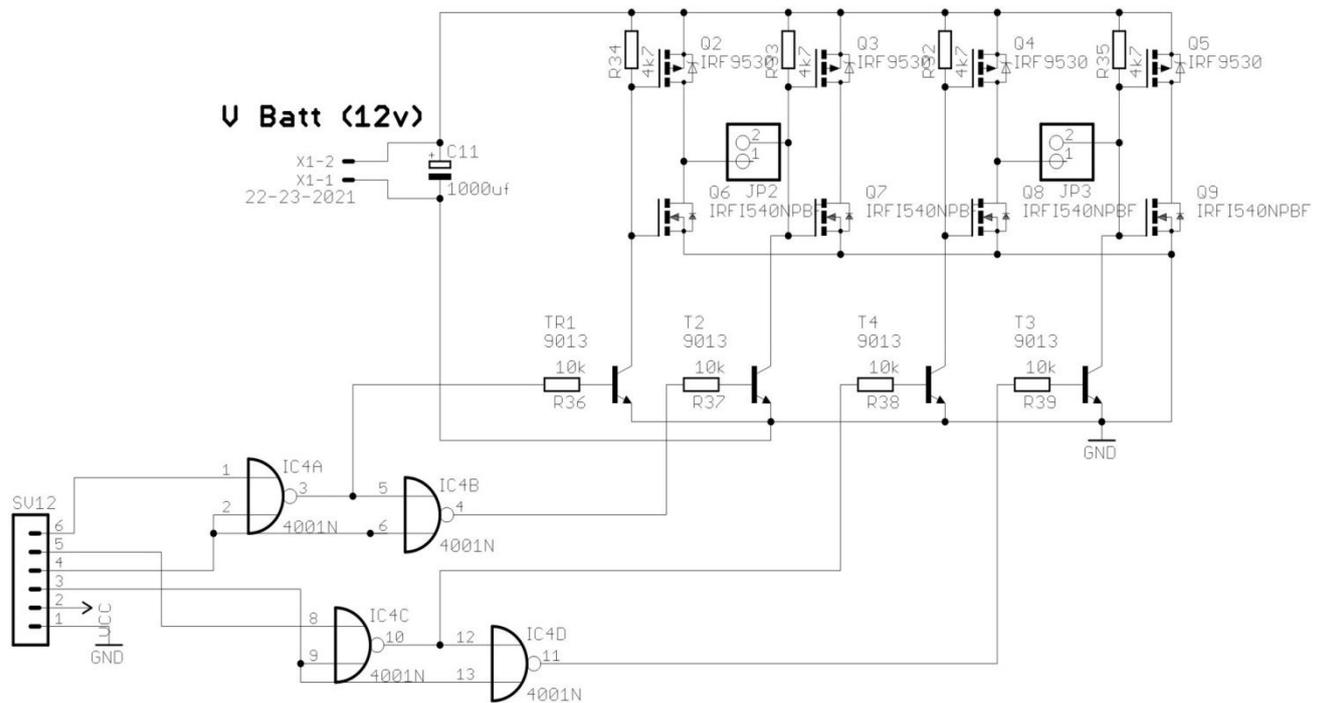
2) Transistor Mode peningkatan (*Transistor Mode Enhancement*)

Transistor mode enhancement ini pada fisiknya tidak memiliki saluran antara drain dan sourcena karena lapisan bulk meluas dengan lapisan SiO₂ pada terminal gate. Transistor MOSFET mode peningkatan terdiri dari tipe-N dan tipe-P, simbol transistor ditunjukkan dalam Gambar 2.21.



Gambar 2.21 Simbol Transistor MOSFET Mode *Enhancement*

(a). *N-Channel Enhancement* (b). *P-Channel Enhancement*



Gambar 2.22 Skematik Driver MOSFET

2.6 Baterai Li-po

Baterai Li-po terletak pada penghantar arus listrik (Elektrolit) yang ada pada kedua jenis baterai tersebut. Baterai Li-Po adalah singkatan *Lithium Polymer*, baterai ini bersifat cair (Liquid), menggunakan elektrolit polimer yang padat, dan mampu menghantarkan daya lebih cepat dan jenis baterai ini adalah hasil pengembangan dari Lithium Ion. Baterai Li-Po ini disebut sebagai baterai ramah lingkungan. Berikut ini adalah kelebihan dan kekurangan Baterai Li-Po, yaitu:

Kelebihan Baterai Li-Po

1. Ramah Lingkungan
2. Fleksibel bisa dibuat berdasarkan kebutuhan
3. Lebih Aman
4. Lebih ringan

Kekurangan Baterai Li-Po

1. Biaya manufaktur mahal
2. Harga baterai Juga mahal karena cost untuk energi ini juga mahal
3. Butuh perawatan khusus untuk isi ulang, seperti jangan sampai baterai habis baru di isi ulang
4. Usia Baterai lebih pendek



Gambar 2.23 Foto Baterai Li-po