

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Stand Drilling Machine*

Stand Drilling Machine atau mesin bor berdiri adalah suatu jenis tempat atau wadah untuk meletakkan mesin bor tangan sehingga bisa digunakan sebagai mesin bor duduk. Pada mesin bor berdiri ini telah dilengkapi dengan tuas untuk mempermudah menaikkan dan menurunkan bor ketika proses pengeboran dilakukan.

Pengeboran adalah operasi menghasilkan lubang berbentuk bulat dalam lembaran-kerja dengan menggunakan pemotong berputar yang disebut bor dan memiliki fungsi untuk membuat lubang, membuat lobang bertingkat, dan membesarkan lobang.

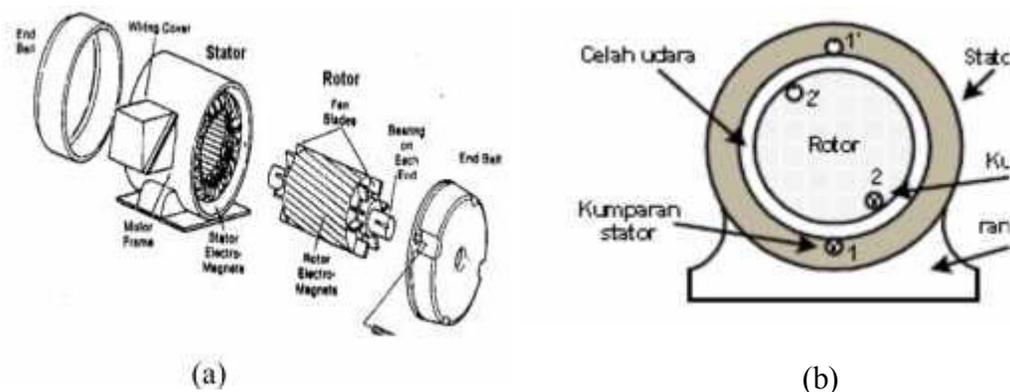


Gambar 2.1 *Stand Drilling Machine*

(sumber : <http://id.aliexpress.com/w/wholesale-drill-stands-tools.html>)

2.2 Motor Induksi Satu Fasa

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (ac) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke statornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator. Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga. Di industri banyak digunakan di dalam berbagai bidang dengan kapasitas yang besar dan motor induksi satu fasa dioperasikan pada sistem tenaga satu fasa banyak digunakan terutama untuk peralatan rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, pompa air, mesin cuci dan sebagainya karena motor induksi satu fasa mempunyai daya keluaran yang rendah. Motor induksi pada dasarnya mempunyai tiga bagian penting seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.1 stator merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya, celah udara tempat berpindahnya energi dari startor ke rotor dan rotor merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.



Gambar 2.2 Konstruksi Motor Induksi Satu Fasa (a) Bagian-bagian Motor Induksi (b) Penempatan Stator dan Rotor

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Bila kumparan stator motor induksi yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul emf (gg) atau tegangan induksi. Kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor. Kumparan rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya fluks yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya *Lorentz* yang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan arah pergerakan medan induksi stator. Belitan stator yang dihubungkan dengan sumber tegangan akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor pada rotor, sehingga terinduksi tegangan dan sesuai dengan hukum *lenz*, sehingga rotor akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara putaran medan stator dan putaran rotor disebut slip.

Berdasarkan cara penamaan dan proses terjadinya medan putar rotor, maka prinsip kerja motor induksi satu fasa adalah berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik dimana bila sumber tegangan satu fasa dipasang pada kumparan medan stator, maka akan timbul medan putar dengan kecepatan (n) yang ditunjukkan pada Persamaan (2.1)

$$n = 60 \times f / p = \dots\dots\dots(2.1)$$

Di mana:

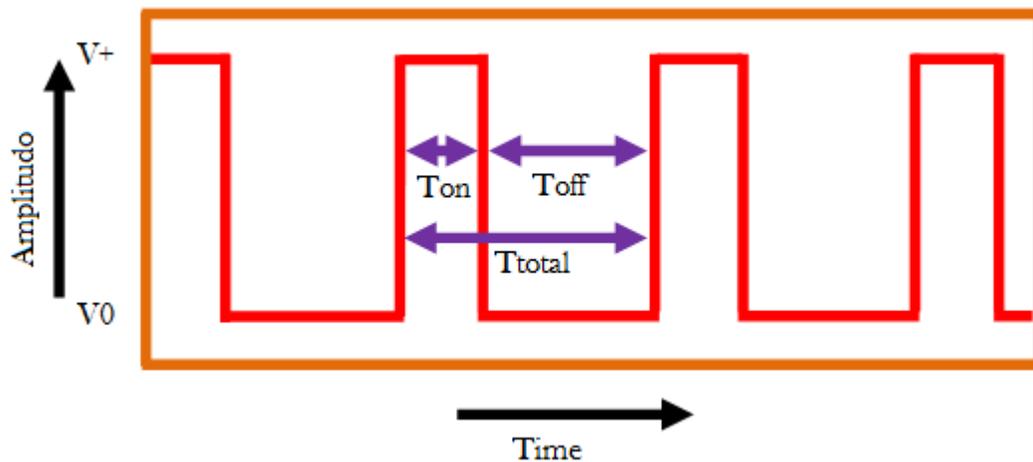
n = kecepatan sinkron (rpm)

f = frekuensi stator (Hz)

p = jumlah kutub stator (buah)

2.3 PWM (*Pulse Width Modulation*)

Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa Contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, *audio effect* dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya. Gambar 2.19 berikut memperlihatkan bentuk dari sinyal PWM.

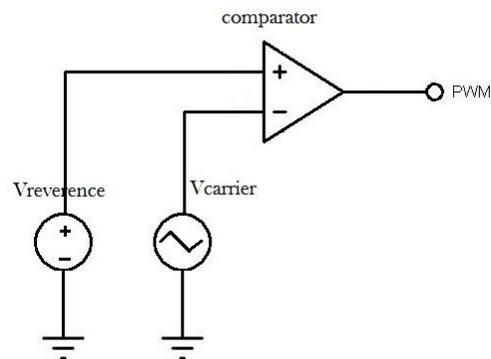


Gambar 2.3 Sinyal PWM

Aplikasi PWM berbasis mikrokontroler biasanya berupa, pengendalian kecepatan motor DC.

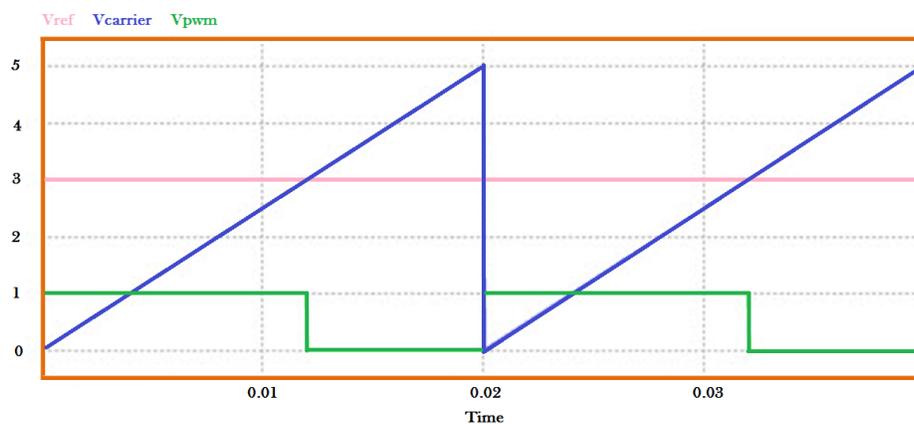
2.3.1 Jenis Pembangkit Sinyal PWM

Pembangkitan sinyal PWM yang paling sederhana adalah dengan cara membandingkan sinyal gigi gergaji sebagai tegangan carrier dengan tegangan referensi menggunakan rangkaian op-amp comparator. Berikut gambar 2.20 rangkaian op-amp comparator yang membangkitkan sinyal PWM mode analog.



Gambar 2.4 Rangkaian PWM Analog

Cara kerja dari komparator analog ini adalah membandingkan gelombang tegangan gigi gergaji dengan tegangan referensi seperti yang terlihat pada Gambar 2.21.



Gambar 2.5 Pembentukan Sinyal PWM

Saat nilai tegangan referensi lebih besar dari tegangan carrier (gigi gergaji) maka output comparator akan bernilai high. Namun saat tegangan referensi bernilai lebih kecil dari tegangan *carrier*, maka *output* comparator akan bernilai *low*. Dengan memanfaatkan prinsip kerja dari komparator inilah, untuk mengubah *duty cycle* dari

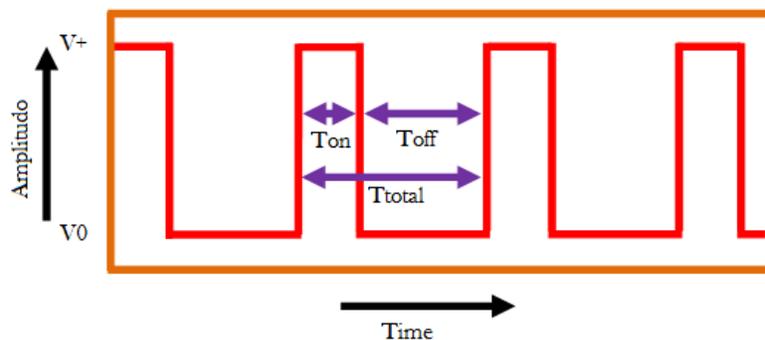
sinyal *output* cukup dengan mengubah-ubah besar tegangan referensi. Besarnya *duty-cycle* rangkaian PWM ini

$$Duty-Cycle = \frac{V_{reference}}{V_{carrier}} \times 100\%$$

Pada metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri. Misalkan PWM digital 8 bit berarti PWM tersebut memiliki resolusi $2^8 = 256$, maksudnya nilai keluaran PWM ini memiliki 256 variasi, variasinya mulai dari 0 – 255 yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut.

2.3.2 Konsep Dasar PWM

Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar Pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%).



$$T_{total} = T_{on} + T_{off}$$

T_{on} = Waktu pulsa 'High'

$$D = \frac{T_{on}}{T_{total}}$$

T_{off} = Waktu pulsa 'Low'

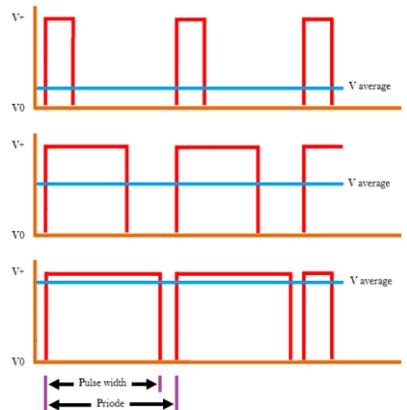
D = Duty cycle lamanya pulsa high dalam satu prioda

$$V_{out} = D \times V_{in}$$

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in}$$

Gambar 2.6 Sinyal PWM dan Persamaan V_{out} PWM

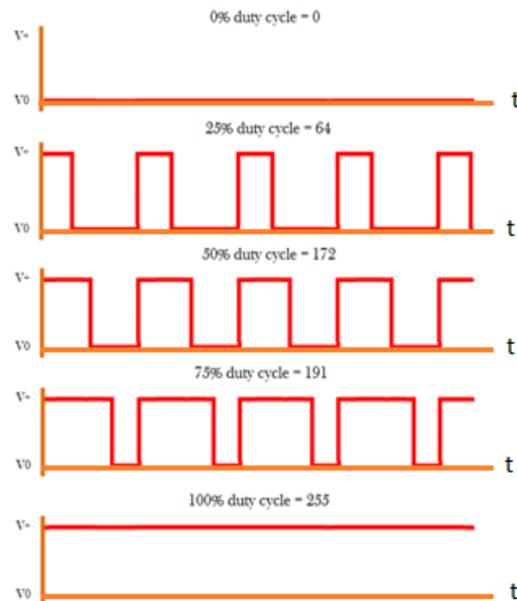
Dari persamaan pada Gambar 2.5 diketahui bahwa perubahan *duty cycle* akan merubah tegangan keluaran atau tegangan rata-rata seperti gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.7 Vrata-rata Sinyal PWM

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan salah satu teknik untuk mendapatkan signal analog dari sebuah piranti digital. Sebenarnya Sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan banyak cara, dapat menggunakan metode analog dengan menggunakan rangkaian op-amp atau dengan menggunakan metode digital.

Dengan metode analog setiap perubahan PWM-nya sangat halus, sedangkan menggunakan metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri. Resolusi adalah jumlah variasi perubahan nilai dalam PWM tersebut. Misalkan suatu PWM memiliki resolusi 8 bit berarti PWM ini memiliki variasi perubahan nilai sebanyak $2^8 = 256$ variasi mulai dari 0 – 255 perubahan nilai yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut. Gambar 2.7 memperjelas perubahan PWM yang dipengaruhi *Duty Cycle* dan Resolusi PWM.



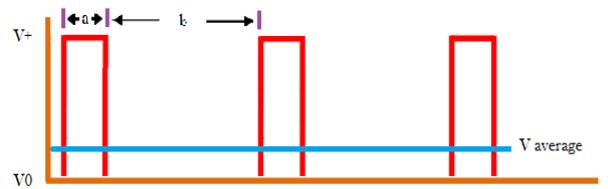
Gambar 2.8 *Duty Cycle* dan Resolusi PWM

2.3.3 Perhitungan *duty cycle* PWM

Dengan cara mengatur lebar pulsa “*on*” dan “*off*” dalam satu perioda gelombang melalui pemberian besar sinyal referensi output dari suatu PWM akan didapat *duty cycle* yang diinginkan. *Duty cycle* dari PWM dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Duty\ Cycle = \frac{TON}{TON-TOFF} \times 100\%$$

Duty cycle 100% berarti sinyal tegangan pengatur motor dilewatkan seluruhnya. Jika tegangan catu 100V, maka motor akan mendapat tegangan 100V. pada *duty cycle* 50%, tegangan pada motor hanya akan diberikan 50% dari total tegangan yang ada, begitu seterusnya. Perhitungan Pengontrolan tegangan output motor dengan metode PWM cukup sederhana.



Dengan menghitung *duty cycle* yang diberikan, akan didapat tegangan *output* yang dihasilkan. Sesuai dengan rumus yang telah dijelaskan pada gambar.

$$\text{Average Voltage} = a \times V_{\text{full}}$$

$$a+b$$

Average voltage merupakan tegangan *output* pada motor yang dikontrol oleh sinyal PWM. *a* adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “ON”. *b* adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “OFF”. *V_{full}* adalah tegangan maximum pada motor. Dengan menggunakan rumus diatas, maka akan didapatkan tegangan *output* sesuai dengan sinyal kontrol PWM yang dibangkitkan.

(Prayogo rudito, 2012. PENGATURAN PWM (*Pulse Width Modulation*) dengan PLC. Makalah pada teknik otomasi Universitas Brawijaya malang: Tidak diterbitkan)

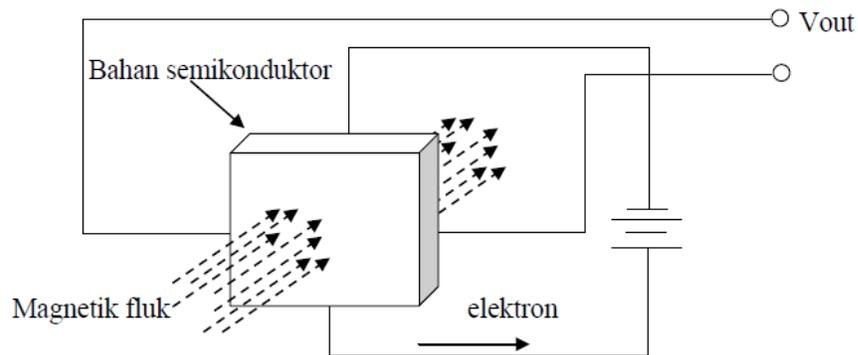
2.4 *Hall Effect*

Hall Effect merupakan suatu gejala dimana pada kedua sisi plat logam tipis yang ditempatkan dalam medan magnet, menimbulkan beda potensial yang dinamakan dengan tegangan Hall. Kondisi tersebut terjadi apabila arus listrik dialirkan dari sisi yang satu ke sisi yang lain dari plat logam. Secara teoritik gejala ini disebabkan oleh adanya gaya Lorentz yang bekerja pada muatan bebas yaitu elektron. Akibatnya muatan-muatan positif dan negatif terakumulasi pada sisi-sisi plat, sehingga timbul beda potensial. Fenomena Efek Hall tidak hanya dapat terjadi pada material logam, tetapi juga pada material semikonduktor. Sebagaimana diketahui bahwa pembawa muatan bebas pada material semikonduktor adalah elektron dan

hole. Jika pembawa muatan bebasnya adalah hole, maka polaritas tegangan Hall berlawanan dengan polaritas tegangan pada logam (Rio dan Iida, 1999).

2.5 Sensor Rotary *Hall Effect*

Piranti sensor efek hall (Efek Hall) menghasilkan tegangan keluaran yang ditimbulkan karena medan magnet. Sensor efek hall pertama kali ditemukan pada tahun 1879 oleh Edward H.Hall. Prinsip kerja sensor Hall Effect adalah sebagai berikut. Bila sebuah magnet diletakkan tegak lurus terhadap sepasang keping konduktor, maka tegangan akan muncul pada sisi yang berlawanan dengan konduktor. Tegangan yang muncul ini disebut dengan tegangan Hall. Besar tegangan Hall sebanding dengan arus dan kuat medan magnet. Dengan demikian Efek Hall dapat digunakan untuk mengukur kuat medan magnet.



Gambar 2.9 Transduser Efek Hall Menggunakan Sebuah Keping Semikonduktor

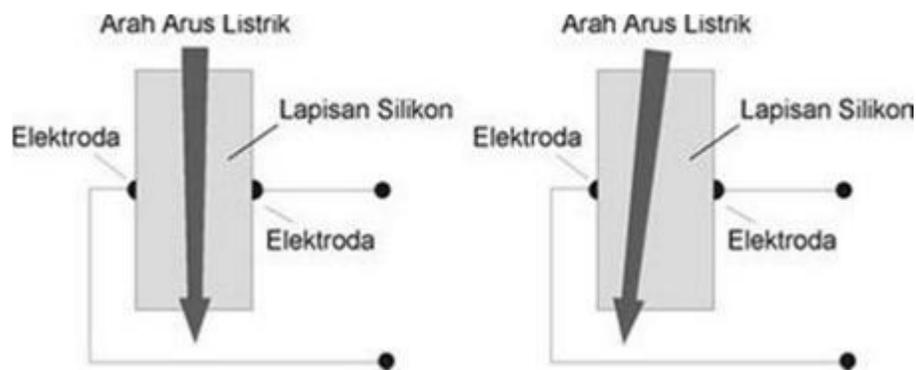
(Sumber : http://courses.washington.edu/phys431/hall_effect/hall_effect.pdf)

Bila arus mengalir melalui bahan semikonduktor, tegangan emf ialah dihasilkan di antara sisi yang lain pada keping semikonduktor tersebut. Kemudian jika terdapat hubungan magnet melalui keping semikonduktor, akan dihasilkan tegangan yang sebanding dengan besar arus dan kuat medan magnet. Bila arah medan magnet melewati bahan semikonduktor pada sisi kanan semikonduktor menyebabkan elektron bergerak menyebar kepusat keping. Perubahan gerak elektron menimbulkan tegangan Hall, umumnya sebesar 10 milivolt. Penerapan sensor efek hall di industri

biasanya digunakan untuk mengukur kecepatan putaran obyek yang bergerak. Setiap kali medan magnet melewati sensor, dihasilkan pulsa keluaran keping semikonduktor yang dihubungkan ke sebuah counter yang menghitung berapa kecepatan putaran motor tersebut.

2.5.1 Prinsip Kerja Sensor *Hall Effect*

Medan magnet atau sering disebut sebagai magnetic field tidak dapat dirasakan oleh indra manusia. Sensor Hall effect merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi medan magnet. Sensor Hall Effect akan menghasilkan sebuah tegangan yang proporsional dengan kekuatan medan magnet yang diterima oleh sensor tersebut. Pendeteksian perubahan kekuatan medan magnet yaitu menggunakan sensor yang disebut dengan ‘hall effect’ sensor. Sensor ini terdiri dari sebuah lapisan silikon yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik. Perhatikan gambar 2.4 tentang Pendeteksian dengan hall effect yang memperlihatkan pembelokan arus ketika sensor membaca adanya medan magnet.



Gambar 2.10 Pendeteksian Dengan Hall Effect

(Sumber : http://courses.washington.edu/phys431/hall_effect/hall_effect.pdf)

Sensor hall effect ini terdiri dari sebuah lapisan silikon dan dua buah elektroda pada masing-masing sisi silikon. Hal ini akan menghasilkan perbedaan tegangan pada outputnya saat lapisan silikon dialiri oleh arus listrik. Tanpa adanya pengaruh dari medan magnet maka arus yang mengalir pada silikon tersebut akan tepat ditengah-

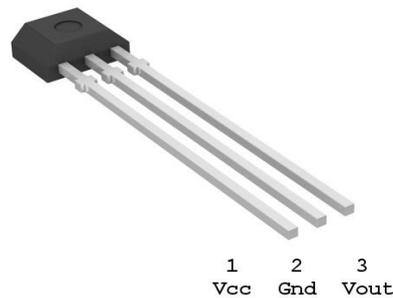
tengah silikon dan menghasilkan tegangan yang sama antara elektrode sebelah kiri dan elektrode sebelah kanan sehingga menghasilkan beda tegangan 0 volt pada outputnya. Ketika terdapat medan magnet mempengaruhi sensor ini maka arus yang mengalir akan berbelok mendekati/menjauhi sisi yang dipengaruhi oleh medan magnet. Ketika arus yang melalui lapisan silikon tersebut mendekati sisi silicon sebelah kiri maka terjadi ketidakseimbangan tegangan output dan hal ini akan menghasilkan sebuah beda tegangan di outputnya. Semakin besar kekuatan medan magnet yang mempengaruhi sensor ini akan menyebabkan pembelokan arus di dalam lapisan silikon ini akan semakin besar dan semakin besar pula ketidakseimbangan tegangan antara kedua sisi lapisan silikon pada sensor. Semakin besar ketidakseimbangan tegangan ini akan menghasilkan beda tegangan yang semakin besar pada output sensor ini. Arah pembelokan arah arus pada lapisan silikon ini dapat digunakan untuk mengetahui polaritas kutub medan magnet yang mempengaruhi sensor hall effect ini. Sensor yang digunakan adalah sensor UGN3503. Sensor ini akan menghasilkan tegangan yang proporsional dengan kekuatan medan magnet yang dideteksi oleh sensor ini. Selain itu komponen ini dipilih karena relatif murah, mudah digunakan dan mempunyai performa yang cukup baik. Sensor UGN3503 ini mempunyai 3 pin antara lain :

Pin 1 : VCC, pin tegangan supply

Pin 2 : GND, pin ground

Pin 3 : Vout, pin tegangan output.

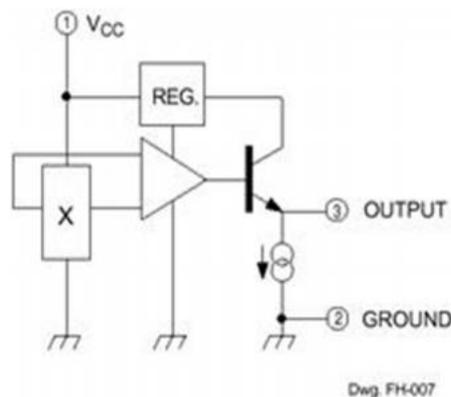
Perhatikan gambar 2.10 tentang sensor UGN3505 berikut yang menunjukkan letak pin pada sensor UGN3503



Gambar 2.11 Sensor *Hall Effect*

(Sumber : http://courses.washington.edu/phys431/hall_effect/hall_effect.pdf)

Di dalam sensor ini telah dibangun sebuah penguat yang memperkuat sinyal dari rangkaian sensor dan menghasilkan tegangan output ditengah-tengah tegangan suplai. Pada sensor ini jika mendapat pengaruh medan magnet dengan polaritas kutub utara maka akan menghasilkan pengurangan pada tegangan output sebaliknya jika terdapat pengaruh medan magnet dengan polaritas kutub selatan maka akan menghasilkan peningkatan tegangan pada outputnya. 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. Berikut gambar 2.6 tentang rangkaian di dalam sensor UGN3503



Gambar 2.12 Rangkaian Dalam IC Sensor *Hall Effect*

(Sumber : http://courses.washington.edu/phys431/hall_effect/hall_effect.pdf)

Sensor hall effect UGN3503 ini mempunyai suplai tegangan yang cukup lebar yaitu mulai 4.5V sampai 6V dengan kepekaan perubahan kekuatan medan magnet sampai frekuensi 23KHz.

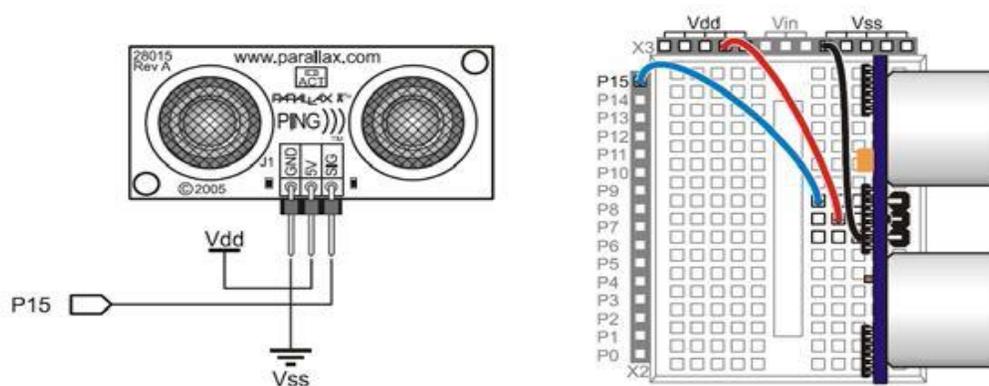
2.6 Sensor Jarak Ultrasonik PING

Sensor jarak ultrasonik ping adalah sensor 40 khz produksi parallax yang banyak digunakan untuk aplikasi atau kontes robot cerdas. Kelebihan sensor ini adalah hanya membutuhkan 1 sinyal (SIG) selain jalur 5 v dan ground. Perhatikan gambar dibawah ini :



Gambar 2.13 Sensor Jarak Ultrasonik Ping

(Sumber : [http:// repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/29570/4/Chapter%20II.pdf](http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/29570/4/Chapter%20II.pdf))



Gambar 2.14 Instalasi Sensor Ping

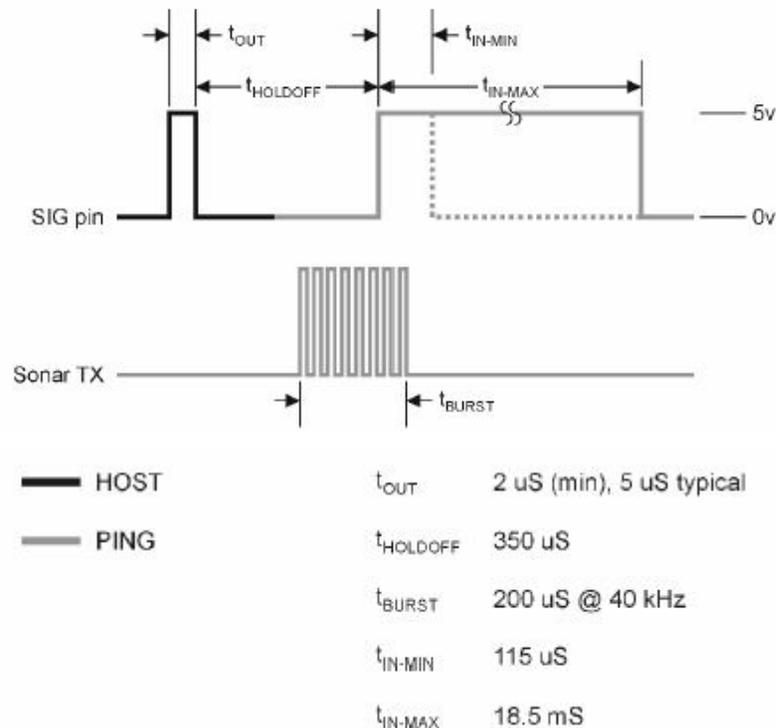
(Sumber : [http:// repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/29570/4/Chapter%20II.pdf](http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/29570/4/Chapter%20II.pdf))

Sensor PING mendeteksi jarak objek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik (40 KHz) selama $t = 200$ us kemudian mendeteksi pantulannya. Sensor

PING memancarkan gelombang ultrasonik sesuai dengan kontrol dari mikrokontroler pengendali (pulsa trigger dengan tout min 2 us).

Spesifikasi sensor ini :

- Kisaran pengukuran 3cm-3m.
- Input trigger –positive TTL pulse, 2uS min., 5uS tipikal.
- Echo hold off 750uS dari fall of trigger pulse.
- Delay before next measurement 200uS.
- Burst indicator LED menampilkan aktifitas sensor.

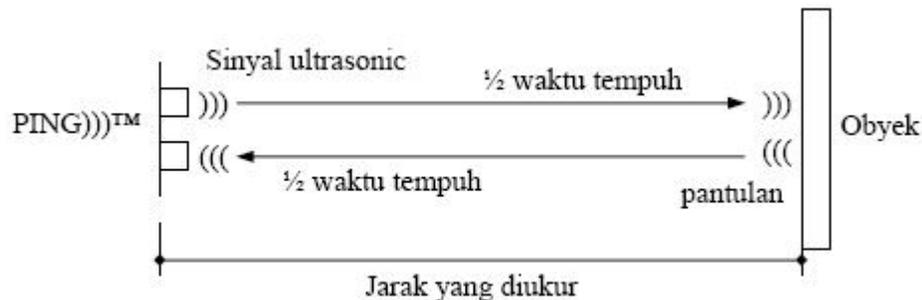


Gambar 2.15 Diagram Waktu Sensor Ping

(Sumber : [http:// repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/29570/4/Chapter%20II.pdf](http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/29570/4/Chapter%20II.pdf))

Sensor Ping mendeteksi jarak obyek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik (40 kHz) selama t_{BURST} (200 μ s) kemudian mendeteksi pantulannya. Sensor Ping memancarkan gelombang ultrasonik sesuai dengan kontrol dari mikrokontroler pengendali (pulsa *trigger* dengan t_{OUT} min. 2 μ s). Gelombang

ultrasonik ini melalui udara dengan kecepatan 344 meter per detik, mengenai obyek dan memantul kembali ke sensor. Ping mengeluarkan pulsa *output high* pada pin SIG setelah memancarkan gelombang ultrasonik dan setelah gelombang pantulan terdeteksi Ping akan membuat *output low* pada pin SIG. Lebar pulsa High (tIN) akan sesuai dengan lama waktu tempuh gelombang ultrasonik untuk 2x jarak ukur dengan obyek. Maka jarak yang diukur adalah $[(tIN \text{ s} \times 344 \text{ m/s}) \div 2]$ meter.



Gambar 2.16 Jarak Ukur Sensor Ping

(Sumber : [http:// repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/29570/4/Chapter%20II.pdf](http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/29570/4/Chapter%20II.pdf))

Sistem minimal mikrokontroller ATmega 8535 dan software basic stamp Editor diperlukan untuk memprogram mikrokontroller dan mencoba sensor ini. Keluaran dari pin SIG ini yang dihubungkan ke salah satu port di kit mikrokontroller. Contoh aplikasi sensor PING pada mikrokontroler BS2, dimana pin SIG terhubung ke pa pin7, dan memberikan catu daya 5V dan ground. fungsi *Sigout* untuk mentrigger ping, sedangkan fungsi *Sigin* digunakan untuk mengukur pulsa yang sesuai dengan jarak dari objek target.

2.7 Mikrokontroller AVR Atmega16

Mikrokontroller sebagai suatu terobosan teknologi mikrokontroller dan mikrokomputer hadir memenuhi kebutuhan pasar (Market Need) dan teknologi baru. Sebagai teknologi baru, yaitu teknologi semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak namun hanya membutuhkan ruang kecil serta dapat diproduksi secara massal (dalam jumlah banyak) sehingga harga menjadi lebih murah

(dibandingkan mikroprosesor). Sebagai kebutuhan pasar, mikrokontroler hadir untuk memenuhi selera industri dan para konsumen akan kebutuhan dan keinginan alat-alat bantu dan mainan yang lebih canggih.

2.7.1 Pengertian Mikrokontroler AVR Atmega16

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 bandar 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 Compute*) 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.

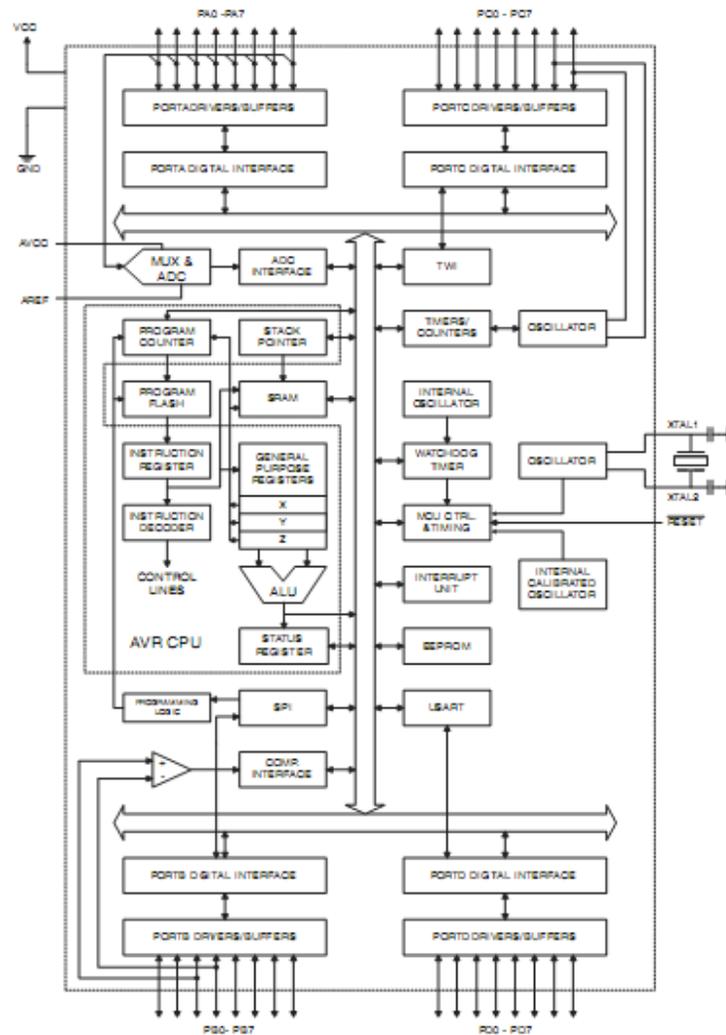
Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara internal mikrokontroler ATmega16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya *Arithmetic and Logical Unit* (ALU), himpunan register kerja, register dan dekoder instruksi, dan pewaktu beserta komponen kendali lainnya. Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyediakan memori dalam serpih yang sama dengan prosesornya (*in chip*).

2.7.2 Karakteristik Mikrokontroler AVR Atmega16

Mikrokontroler ini menggunakan arsitektur Harvard yang memisahkan memori program dari memori data, baik bus alamat maupun bus data, sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (*concurrent*). Secara garis besar mikrokontroler ATmega16 terdiri dari :

1. Arsitektur RISC dengan throughput mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16Mhz.

2. Memiliki kapasitas Flash memori 16Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1Kbyte
3. Saluran I/O 32 buah, yaitu Bandar A, Bandar B, Bandar C, dan Bandar D.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
5. User interupsi internal dan eksternal
6. Bandar antarmuka SPI dan Bandar USART sebagai komunikasi serial
7. Fitur Peripheral
 - Dua buah 8-bit *timer/counter* dengan prescaler terpisah dan mode *compare*
 - Satu buah 16-bit timer/counter dengan prescaler terpisah, mode *compare*, dan mode *capture*
 - *Real time counter* dengan osilator tersendiri
 - Empat kanal PWM dan Antarmuka komparator analog
 - 8 kanal, 10 bit ADC
 - *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*
 - *Watchdog timer* dengan osilator internal

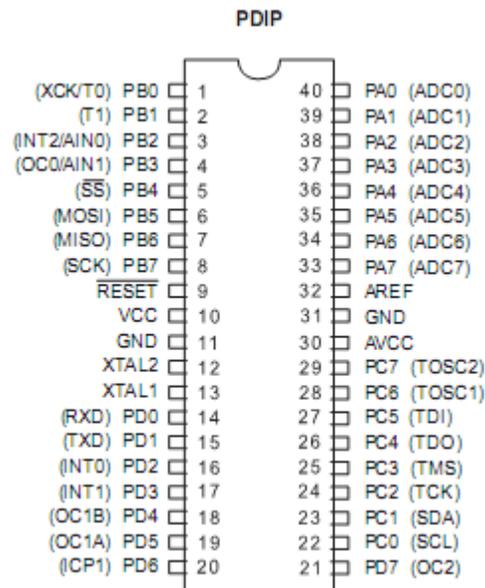


Gambar 2.17 Blok Diagram ATmega16

(Sumber : <http://www.dasar-teori-atmega16.html>.)

2.7.3 Konfigurasi Pena (*Pin*) Atmega16

Konfigurasi pena (*pin*) mikrokontroler Atmega16 dengan kemasan 40-pena dapat dilihat pada Gambar 2.2. Dari gambar tersebut dapat terlihat ATmega16 memiliki 8 pena untuk masing-masing bandar A (*Port A*), bandar B (*Port B*), bandar C (*Port C*), dan bandar D (*Port D*).



Gambar 2.18 Pin-pin Atmega16

(Sumber : Winoto, Ardi. Mikrokontroler AVR ATmega8/16/32/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR. Informatika, Bandung.2008)

2.7.4 Deskripsi Mikrokontroler Atmega16

- VCC (*Power Supply*) dan GND(*Ground*)
- Bandar A (PA7..PA0) Bandar A berfungsi sebagai *input* analog pada konverter A/D. Bandar A juga sebagai suatu bandar I/O 8-bit dua arah, jika A/D konverter tidak digunakan. Pin-pin Bandar dapat menyediakan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk masing-masing bit). Bandar A *output* buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Ketika pena PA0 ke PA7 digunakan sebagai input dan secara eksternal ditarik rendah, pena–pena akan memungkinkan arus sumber jika resistor *internal pull-up* diaktifkan. Pena Bandar A adalah tri-stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.
- Bandar B (PB7..PB0) Bandar B adalah suatu bandar I/O 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Bandar B output

buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pena Bandar B yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pena Bandar B adalah tri stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

- Bandar C (PC7..PC0) Bandar C adalah suatu bandar I/O 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Bandar C output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pena bandar C yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pena bandar C adalah tri-stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.
- Bandar D (PD7..PD0) Bandar D adalah suatu bandar I/O 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Bandar D output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pena bandar D yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pena Bandar D adalah tri-stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.
- RESET (*Reset input*)
- XTAL1 (*Input Oscillator*)
- XTAL2 (*Output Oscillator*)
- AVCC adalah pena penyedia tegangan untuk bandar A dan Konverter A/D.
- AREF adalah pena referensi analog untuk konverter A/D.

2.7.5 Rangkaian Sistem Minimum ATmega16

Rangkaian sistem minimum adalah rangkaian minimal dimana *chip* mikrokontroler dapat bekerja (*running*). Chip AVR Atmega dilengkapi dengan

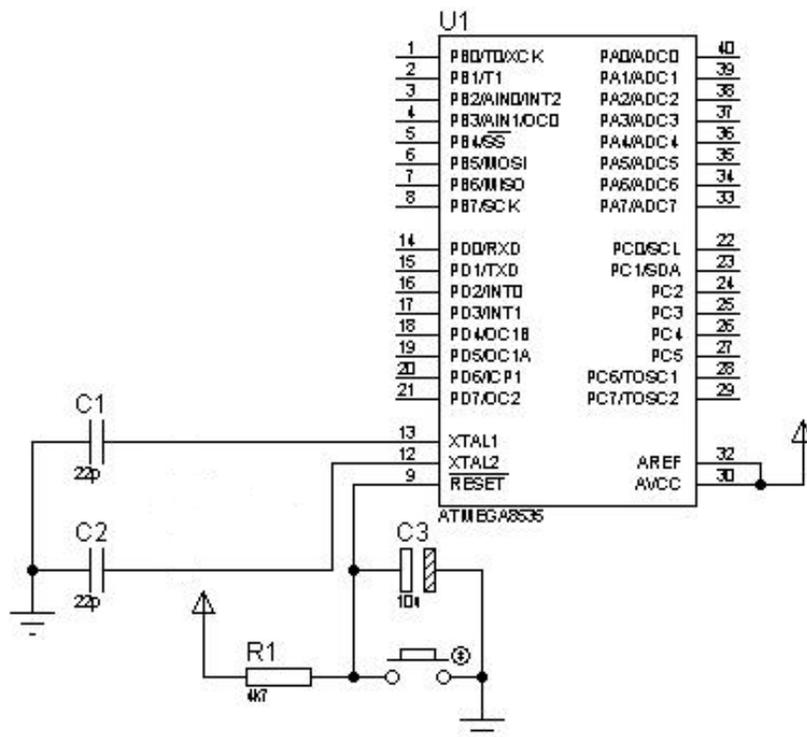
osilator internal sehingga, untuk menghemat biaya (*cost*), tidak perlu menggunakan kristal/resonator eksternal untuk sumber *clock* CPU (Winoto, 2010).

Untuk membuat rangkaian sistem minimum diperlukan beberapa komponen yaitu :

1. IC mikrokontroler ATmega16
2. 3 kapasitor kertas yaitu 22 pF (C2 dan C3) serta 100 nF(C4)
3. 1 kapasitor eletrolit 4.7 uF (cl2)
4. 2 resistor yaitu 100 ohm (R1) dan 10 Kohm (R3)
5. 1 tombol reset pushbutton (PB1)

Rangkaian sistem minimum ATmega16 dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut

:

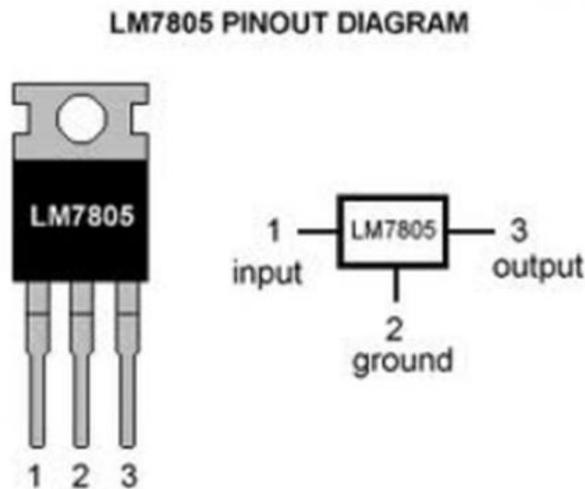


Gambar 2.19 Rangkaian Sistem Minimum ATmega16

Ada beberapa yang harus diperhatikan dalam membuat sistem minimum mikrokontroler, yaitu:

1. Power Supply

Semua komponen elektronika membutuhkan power supply atau sering juga disebut catu daya. Mikrokontroler beroperasi pada tegangan 5 volt. Biasanya pembuatan catu daya mikrokontroler menggunakan IC regulator 7805 agar tegangannya bisa stabil.



Gambar 2.20 Regulator 7805

2. Osilator (Pembangkit Frekuensi)

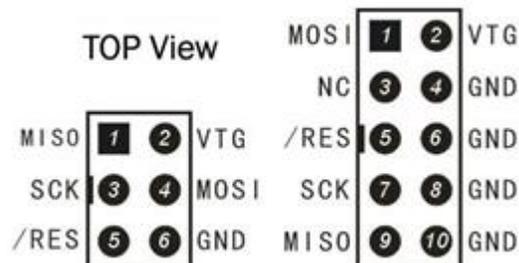
Pada dasarnya mikrokontroler memiliki sifat seperti manusia. Kalau manusia memiliki jantung untuk bisa hidup maka mikrokontroler memiliki osilator untuk bisa beroperasi. Mikrokontroler sendiri sudah memiliki osilator internal yaitu sebesar 8Mhz tetapi kadang kala agar kinerja mikrokontroler lebih cepat osilator internal tidak bisa menangani kasus tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan osilator eksternal (kristal) yang nilainya lebih dari 8Mhz. Perlu diperhatikan mikrokontroler hanya bisa beroperasi sampai 16 Mhz. jadi kalau memilih krsital untuk AVR tidak boleh lebih dari 16Mhz.



Gambar 2.21 Kristal 16 Mhz

3. ISP (In-System Programmable)

Sistem Minimum Mikrokontroler dibuat untuk di program. Prinsipnya mikrokontroler bisa diprogram secara parallel atau secara seri. Pemrograman mikrokontroler secara seri atau lebih dikenal dengan ISP tidak perlu memerlukan banyak jalur data. Tapi ISP memiliki kelemahan, jika salah setting fuse bit yang memiliki fungsi fatal misal pin reset di disable maka alamat DEH sudah tidak bisa digunakan lagi. Untuk mengembalikan settingan fuse bit tadi, harus menggunakan pemrograman tipe parallel (high voltage programming).



Gambar 2.22 Setting Port ISP

4. Rangkaian Reset

Rangkaian reset sama fungsinya dengan rangkaian reset pada komputer. Fungsi reset di mikrokontroler yaitu untuk merestart program, sehingga kembali ke program awal.

Penggunaan reset pada mikrokontroler opsional, bisa di pake atau nggak tergantung si pengguna.

2.8 Sensor Optocoupler

Sensor Optocoupler adalah suatu piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu *Transmitter* dan *Receiver*, yaitu antara bagian cahaya dengan bagian deteksi sumber cahaya terpisah. Biasanya optocoupler digunakan sebagai saklar elektrik, yang bekerja secara otomatis.

Pada dasarnya Optocoupler adalah suatu komponen penghubung (*Coupling*) yang bekerja berdasarkan pemicu dari cahaya optic. Optocoupler terdiri dari dua bagian yaitu:

1. Pada *Transmitter* dibangun dari sebuah LED inframerah. Jika dibandingkan dengan menggunakan LED biasa, LED inframerah memiliki ketahanan yang lebih baik. Cahaya yang dipancarkan oleh LED inframerah tidak terlihat oleh mata telanjang.
2. Pada bagian *Receiver* dibangun dengan dasar komponen *Photodiode*. *Photodiode* merupakan suatu transistor yang peka terhadap tenaga cahaya. Suatu sumber cahaya menghasilkan energi panas, begitu pula dengan spektrum inframerah. Karena spektrum inframerah mempunyai efek panas yang lebih besar dari cahaya tampak, maka *Photodiode* lebih peka untuk menangkap radiasi dari sinar inframerah.

Oleh karena itu Optocoupler dapat dikatakan sebagai gabungan dari LED inframerah dengan fototransistor yang terbungkus menjadi satu chips. Cahaya inframerah termasuk dalam gelombang elektromagnetik yang tidak tampak oleh mata telanjang. Sinar ini tidak tampak oleh mata karena mempunyai panjang gelombang, berkas cahaya yang terlalu panjang bagi tanggapan mata manusia.

Sinar infra merah mempunyai daerah frekuensi 1×10^{12} Hz sampai dengan 1×10^{14} GHz atau daerah frekuensi dengan panjang gelombang $1\mu\text{m} - 1\text{mm}$. LED infra

merah ini merupakan komponen elektronika yang memancarkan cahaya inframerah dengan konsumsi daya sangat kecil. Jika diberi bias maju, LED inframerah yang terdapat pada optocoupler akan mengeluarkan panjang gelombang sekitar 0,9 mikrometer.

Proses terjadinya pancaran cahaya pada LED infra merah dalam optocoupler adalah sebagai berikut. Saat dioda menghantarkan arus, elektron lepas dari ikatannya karena memerlukan tenaga dari catu daya listrik. Setelah elektron lepas, banyak elektron yang bergabung dengan lubang yang ada di sekitarnya (memasuki lubang lain yang kosong). Pada saat masuk lubang yang lain, elektron melepaskan tenaga yang akan diradiasikan dalam bentuk cahaya, sehingga dioda akan menyala atau memancarkan cahaya pada saat dilewati arus. Cahaya inframerah yang terdapat pada optocoupler tidak perlu lensa untuk memfokuskan cahaya karena dalam satu chip mempunyai jarak yang dekat dengan penerimanya.

Pada optocoupler yang bertugas sebagai penerima cahaya inframerah adalah fototransistor. Fototransistor merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai detektor cahaya inframerah. Detektor cahaya ini mengubah efek cahaya menjadi sinyal listrik, oleh sebab itu fototransistor termasuk dalam golongan detektor optik.

Fototransistor memiliki sambungan kolektor–basis yang besar dengan cahaya inframerah, karena cahaya ini dapat membangkitkan pasangan lubang elektron. Dengan diberi bias maju, cahaya yang masuk akan menimbulkan arus pada kolektor. Fototransistor memiliki bahan utama yaitu germanium atau silikon yang sama dengan bahan pembuat transistor. Tipe fototransistor juga sama dengan transistor pada umumnya yaitu PNP dan NPN. Perbedaan transistor dengan fototransistor hanya terletak pada dindingnya yang memungkinkan cahaya inframerah mengaktifkan daerah basis, sedangkan transistor biasa ditempatkan pada dinding logam yang tertutup.

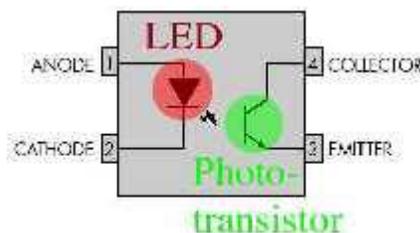
Ditinjau dari penggunaannya, fisik optocoupler dapat berbentuk bermacam-macam. Bila hanya digunakan untuk mengisolasi level tegangan atau data pada sisi

Transmitter dan sisi *Receiver*, maka optocoupler ini biasanya dibuat dalam bentuk solid (tidak ada ruang antara LED dan *Photodiode*). Sehingga sinyal listrik yang ada pada input dan output akan terisolasi. Dengan kata lain optocoupler ini digunakan sebagai optoisolator jenis IC.

Prinsip kerja dari optocoupler adalah :

- Jika antara *Photodiode* dan LED terhalang maka *Photodiode* tersebut akan off sehingga output dari kolektor akan berlogika high.
- Sebaliknya jika antara Photodiode dan LED tidak terhalang maka Photodiode tersebut akan on sehingga outputnya akan berlogika low.

Sebagai piranti elektronika yang berfungsi sebagai pemisah antara rangkaian power dengan rangkaian kontrol. Komponen ini merupakan salah satu jenis komponen yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu on/off-nya. Opto berarti *optic* dan *coupler* berarti pemicu. Sehingga bisa diartikan bahwa optocoupler merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan picu cahaya *optic optocoupler* termasuk dalam sensor, dimana terdiri dari dua bagian yaitu *Transmitter* dan *Receiver*. Dasar rangkaian dapat ditunjukkan seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.23 *Optocoupler*

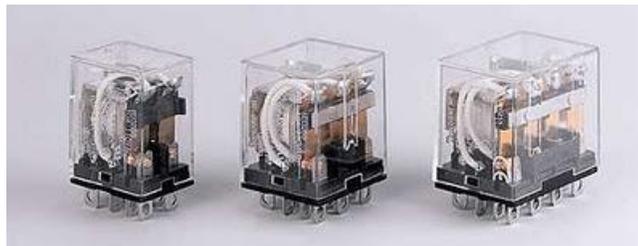
(Sumber : <http://en.wikipedia.org/wiki/Optocoupler>, diakses tanggal 20 Juli 2016)

Sebagai pemancar atau *Transmitter* dibangun dari sebuah led inframerah untuk mendapatkan ketahanan yang lebih baik daripada menggunakan led biasa. Sensor ini bisa digunakan sebagai isolator dari rangkaian tegangan rendah kerangkaian tegangan tinggi. Selain itu juga bisa dipakai sebagai pendeteksi adanya penghalang antara *Transmitter* dan *Receiver* dengan memberi ruang uji dibagian tengah antara led

dengan photo transistor. Penggunaan ini bisa diterapkan untuk mendeteksi putaran motor atau mendeteksi lubang penanda disket pada disk drive computer. Tapi pada alat yang penulis buat optocoupler untuk mendeteksi putaran.

Penggunaan dari optocoupler tergantung dari kebutuhannya. Ada berbagai macam bentuk, jenis, dan type. Seperti MOC 3040 atau 3020, 4N25 atau 4N33 dan sebagainya. Pada umumnya semua jenis optocoupler pada lembar datanya mampu dibebani tegangan sampai 7500 Volt tanpa terjadi kerusakan atau kebocoran. Biasanya dipasaran optocoupler tersedianya dengan type 4NXX atau MOC XXXX dengan X adalah angka part valuenya. Untuk type 4N25 ini mempunyai tegangan isolasi sebesar 2500 Volt dengan kemampuan maksimal led dialiri arus *forward* sebesar 80 mA. Namun besarnya arus led yang digunakan berkisar antara 15mA - 30 mA dan untuk menghubungkannya dengan tegangan +5 Volt diperlukan tahanan sekitar 1K ohm.

2.9 Relay



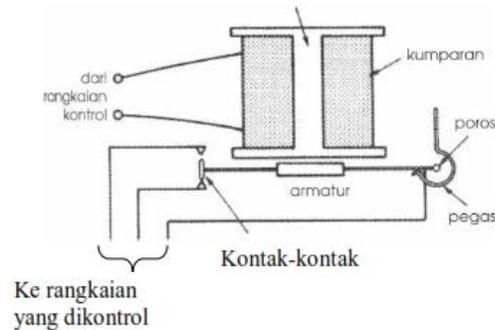
Gambar 2.24 Bentuk Fisik *Relay*

(Sumber: <http://www.produksielektronik.com/2013/10/Relay>, diakses tanggal 14 Juni 2016)

Relay adalah sebuah saklar magnetis yang dikendalikan oleh arus secara elektrik. *Relay* menghubungkan rangkaian beban ON dan OFF dengan pemberian energi elektromagnetis, yang membuka atau menutup kontak pada rangkaian. (Frank D. Petruzella, 2001:371).

Relay memiliki sebuah kumparan tegangan-rendah yang dililitkan pada sebuah inti. Terdapat sebuah armatur besi yang akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir melewati kumparan. Armatur ini terpasang pada sebuah tuas berpegas.

Ketika armatur tertarik menuju ini, kontak jalur bersama akan berubah posisinya dari kontak normal-tertutup ke kontak normal-terbuka.



Gambar 2.25 Ilustrasi dari Sebuah *Relay*

(Sumber: Petruzella, Frank D. *Elektronika Industri 2001*, diakses tanggal 14 Juni 2016)

Secara sederhana *Relay* elektromekanis ini didefinisikan sebagai berikut :

- Alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup (atau membuka) kontak saklar.
- Saklar yang digerakkan (secara mekanis) oleh daya/energi listrik. Dalam pemakaiannya biasanya *Relay* yang digerakkan dengan arus DC dilengkapi dengan sebuah dioda yang di-paralel dengan lilitannya dan dipasang terbalik yaitu anoda pada tegangan (-) dan katoda pada tegangan (+). Ini bertujuan untuk mengantisipasi sentakan listrik yang terjadi pada saat *Relay* berganti posisi dari on ke off agar tidak merusak komponen di sekitarnya.

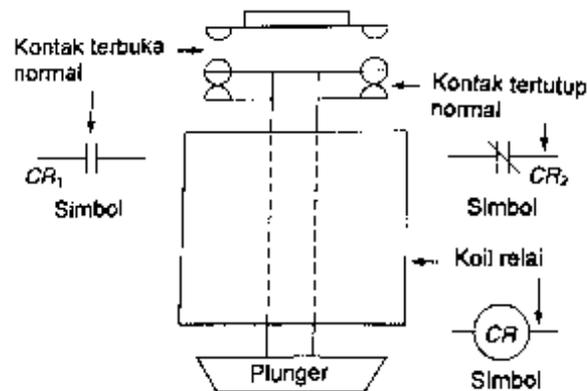
Konfigurasi dari kontak-kontak *Relay* ada tiga jenis, yaitu:

- *Normally Open* (NO), apabila kontak-kontak tertutup saat *Relay* dicatu
- *Normally Closed* (NC), apabila kontak-kontak terbuka saat *Relay* dicatu
- *Change Over* (CO), *Relay* mempunyai kontak tengah yang normal tertutup, tetapi ketika *Relay* dicatu kontak tengah tersebut akan membuat hubungan dengan kontak-kontak yang lain.

Penggunaan *Relay* perlu memperhatikan tegangan pengontrolnya serta kekuatan *Relay* memberi pilihan antara arus/tegangan. Biasanya ukurannya tertera pada *Body*

Relay. Misalnya *Relay* 12VDC/4 A 220V, artinya tegangan yang diperlukan sebagai pengontrolnya adalah 12Volt DC dan mampu memberi arus listrik (maksimal) sebesar 4 ampere pada tegangan 220 Volt. Sebaiknya *Relay* difungsikan 80% saja dari kemampuan maksimalnya agar aman, lebih rendah lagi lebih aman.

Relay biasanya hanya mempunyai satu kumparan, tetapi *Relay* dapat mempunyai beberapa kontak. Jenis EMR diperlihatkan pada Gambar 2.22. *Relay* elektromekanis berisi kontak diam dan kontak bergerak. Kontak yang bergerak dipasangkan pada plunger. Kontak ditunjuk sebagai *normally open* (NO) dan *normally close* (NC). Apabila kumparan diberi tenaga, terjadi medan elektromagnetis. Aksi dari medan pada gilirannya menyebabkan plunger bergerak pada kumparan menutup kontak NO dan membuka kontak NC. Jarak gerak *plunger* biasanya pendek – sekitar $\frac{1}{4}$ in atau kurang.



Gambar 2.26 *Relay* elektromekanis (electromechanical relay = EMR)

(Sumber: Petruzella, Frank D. *Elektronika Industri 2001*, diakses tanggal 14 Juni 2016)

Kontak normally open akan membuka ketika tidak ada arus mengalir pada kumparan, tetapi tertutup secepatnya setelah kumparan menghantarkan arus atau diberi tenaga. Kontak normally close akan tertutup apabila kumparan tidak diberi daya. Masing-masing kontak biasanya digambarkan sebagai kontak yang tampak dengan kumparan tidak diberi daya. Sebagian besar *Relay* control mesin mempunyai beberapa ketentuan untuk perubahan kontak normally open menjadi normally

closed, atau sebaliknya. Itu berkisar dari kontak sederhana "flip-over" untuk melepaskan kontak dan menempatkan kembali dengan perubahan lokai pegas.

2.10 LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. Bentuk LCD 16 x 2 dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.27 LCD 16x2

(Sumber : http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/709/jbptunikompp-gdl-antonmaula-35446-6-unikom_a-i.pdf)

Fitur yang disajikan dalam LCD yaitu :

- Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris
- Mempunyai 192 karakter tersimpan
- Terdapat karakter generator terprogram
- Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit
- Dilengkapi dengan back light

2.10.1 Material LCD

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan

elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan *sandwich* memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan *reflektor*.

Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.

2.10.2 Kontroler LCD (*Liquid Qristal Display*)

Kontroler dan penggerak LCD dapat menampilkan karakter alfanumerik, karakter Jepang (katakana), dan beberapa simbol. Kontroler ini mengandung ROM pembentuk karakter (character generator ROM) berukuran 9920 bit yang menghasilkan 240 karakter yang terdiri atas 208 karakter dengan resolusi 5x8 titik (dot, pixel) dan 32 karakter dengan resolusi 5x10 titik. Kontroler ini juga mengandung RAM pembentuk karakter yang dapat menyimpan 64 karakter 8 bit.

LCD dapat diprogram menggunakan mode 8-bit atau 4-bit. Mode 8-bit menggunakan 8-bit data (D0-D7) sedangkan mode 4-bit menggunakan 4-bit data (D4-D7). Pada halaman ini ditampilkan contoh pemrograman LCD 16x2 menggunakan mode 4-bit. Mode 4-bit memang sedikit lebih rumit dibanding mode 8-bit, akan tetapi dengan mode 4-bit kita akan menghemat 4 buah pin IO untuk keperluan yang lain.

Tabel 1 Pin dan Deskripsi LCD

Pin	Deskripsi
1	Ground
2	Vcc
3	Pengatur kontras
4	“RS” Instruction / Register Select
5	“R/W” Read/Write LCD Registers
6	“EN” Enable
7 – 14	Data I/O Pins
15	VCC
16	Ground

(Sumber : http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/709/jbptunikompp-gdl-antonmaula-35446-6-unikom_a-i.pdf)

Dalam modul LCD (Liquid Cristal Display) terdapat microcontroller yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD (Liquid Cristal Display). Microntroller pada suatu LCD (Liquid Cristal Display) dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan microcontroler internal LCD adalah :

- a. DDRAM (Display Data Random Access Memory) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
- b. CGRAM (Character Generator Random Access Memory) merupakan memori untuk mengGambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
- c. CGROM (Character Generator Read Only Memory) merupakan memori untuk menggambar pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrik pembuat LCD (Liquid Cristal Display) tersebut sehingga pengguna hanya mengambilnya alamat memori yang sesuai dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

Register control yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah:

- a. Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD (Liquid Cristal Display) pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD (Liquid Cristal Display) dapat dibaca pada saat pembacaan data.
- b. Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau keDDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut keDDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Pin, kaki atau jalur input dan kontrol dalam suatu LCD (Liquid Cristal Display) diantaranya adalah :

- a. Pin data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD (Liquid Cristal Display) dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.
- b. Pin RS (Register Select) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika low menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika high menunjukkan data.
- c. Pin R/W (Read Write) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika low tulis data, sedangkan high baca data.
- d. Pin E (Enable) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
- e. Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 Kohm, jika tidak digunakan dihubungkan ke ground, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt.