

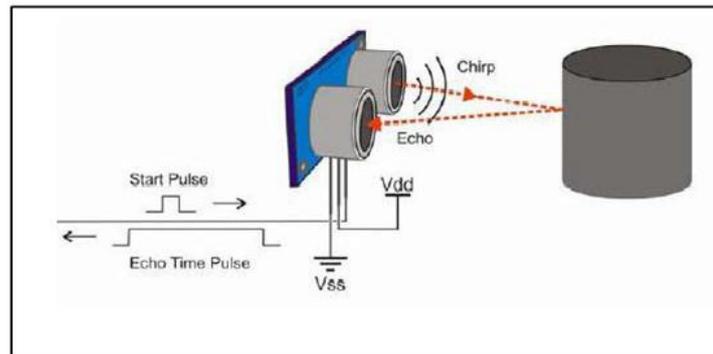
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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. Tegangan bolak-balik yang memiliki frekuensi kerja 40 KHz – 400 KHz diberikan pada plat logam. Struktur atom dari kristal *piezoelectric* akan berkontraksi (mengikat), mengembang atau menyusut terhadap polaritas tegangan yang diberikan dan ini disebut dengan efek *piezoelectric*.

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.

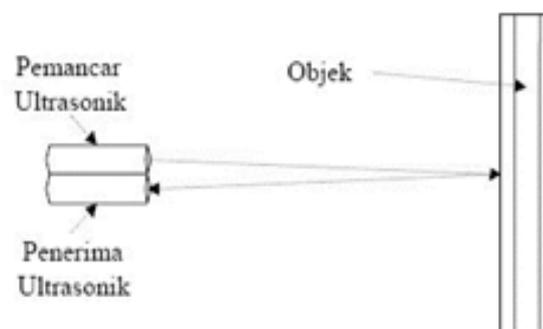
Untuk lebih jelas tentang prinsip kerja dari sensor ultrasonik dapat dilihat prinsip dari sensor ultrasonik pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Sensor Ultrasonik

(Sumber : [www.google.com/ilustrasi sensor ultrasonic.pdf.com](http://www.google.com/ilustrasi%20sensor%20ultrasonic.pdf.com), diakses tanggal 1 Mei 2015 pukul 20.30 WIB)

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 objek 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 berikut ini.



Gambar 2.2 Prinsip Pemantulan Ultrasonik

(Sumber : [www.google.com/ilustrasi sensor ultrasonic.pdf.com](http://www.google.com/ilustrasi%20sensor%20ultrasonic.pdf.com), diakses tanggal 1 Mei 2015 pukul 20.30 WIB)



Terdapat 2 jenis sensor ultrasonik yang beredar di pasaran yaitu :

- a. Sensor ultrasonik ping (*parallax*)
- b. Sensor ultrasonik defantech (SRF 04 *ranger*)

2.1.1 Sensor Ultrasonik SRF04

SRF04 adalah sensor non-kontak pengukur jarak menggunakan ultrasonik. Prinsip kerja sensor ini adalah *transmitter* mengirimkan seberkas gelombang ultrasonik, lalu diukur waktu yang dibutuhkan hingga datangnya pantulan dari objek. Lamanya waktu ini sebanding dengan dua kali jarak sensor dengan objek, sehingga jarak sensor dengan objek dapat ditentukan persamaan :

$$s = \frac{v \times t}{2}$$

Keterangan :

s = jarak (meter)

v = kecepatan suara (344 m/detik)

t = waktu tempuh (detik)

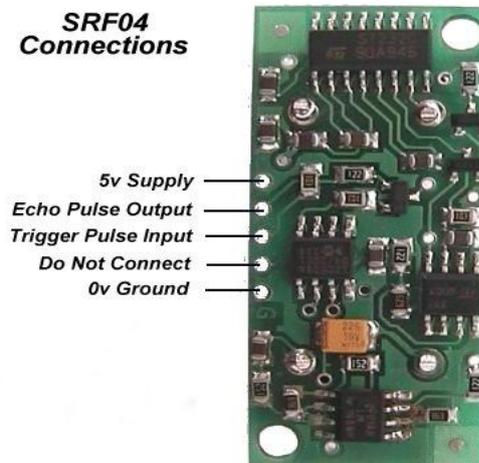
SRF04 dapat mengukur jarak dalam rentang antara 3 cm – 3 m dengan *output* panjang pulsa yang sebanding dengan jarak objek. Sensor ini hanya memerlukan 2 pin I/O untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, yaitu *TRIGGER* dan *ECHO*. Untuk mengaktifkan SRF04 mikrokontroler mengirimkan pulsa positif melalui pin *TRIGGER* minimal 10 μ s, selanjutnya SRF04 akan mengirimkan pulsa positif melalui pin *ECHO* selama 100 μ s hingga 18 ms, yang sebanding dengan jarak objek.

Spesifikasi dari sensor ultrasonik SRF04 adalah sebagai berikut :

- a. Dimensi : 24mm (P) x 20mm (L) x 17mm (T).
 - b. Tegangan : 5 VDC
 - c. Konsumsi Arus : 30 mA (rata-rata), 50 mA (max)
-



- d. Frekuensi Suara : 40 kHz
- e. Jangkauan : 3 cm – 3 m
- f. Sensitivitas : Mampu mendeteksi objek dengan diameter 3 cm pada jarak > 2 m
- g. Input Trigger : 10 mS min. Pulsa Level TTL
- h. Pulsa Echo : Sinyal level TTL Positif, Lebar berbanding proporsional dengan jarak yang dideteksi



Gambar 2.3 Koneksi pada Sensor Ultrasonik SRF04

(Suber : <http://www.rizrobot.com/2014/07/tutorial-arduino-cara-menggunakan.html> diakses tanggal 1 Mei 2015 pukul 21.56 WIB)

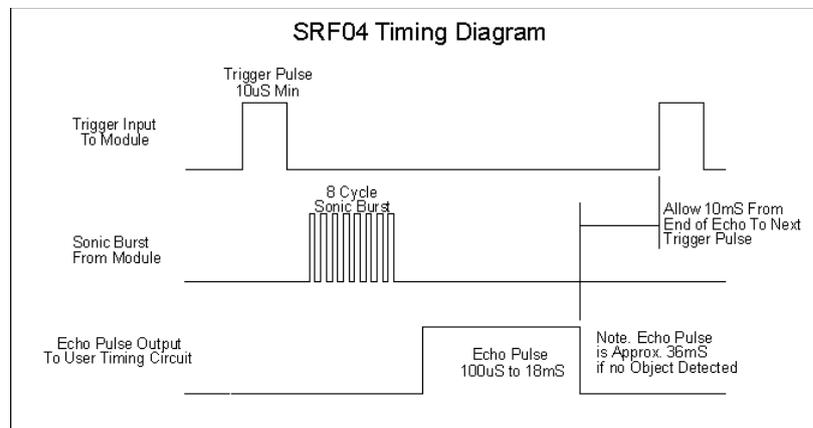
Dari gambar diatas dapat dijelaskan fungsi dari masing – masing koneksi sensor ultrasonik SRF04 sebagai berikut:

- a. 5V supply
 - b. Echo Pulse Output
 - c. Trigger Pulse Input
 - d. Do Not Connect
 - e. 0V Ground
-



2.1.2 Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik SRF04

Prinsip kerja SRF04 adalah *transmitter* memancarkan seberkas sinyal ultrasonik (40KHz) yang berbentuk pulsa, kemudian jika di depan SRF04 ada objek padat maka *receiver* akan menerima pantulan sinyal ultrasonik tersebut. *Receiver* akan membaca lebar pulsa (dalam bentuk PWM) yang dipantulkan objek dan selisih waktu pemancaran. Dengan pengukuran tersebut, jarak objek di depan sensor dapat diketahui. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar 2.4 di bawah ini :



Gambar 2.4 Timing Diagram Sensor Utrasonik SRF04

(Sumber : www.google.com/ilustrasi_sensor_ultrasonic.pdf.com, diakses tanggal 1 Mei 2015 pukul 20.30 WIB).

Pin *trigger* dan *echo* dihubungkan ke mikrokontroler. Untuk memulai pengukuran jarak, mikro akan mengeluarkan *output high* pada pin *trigger* selama minimal 10µs, sinyal *high* yang masuk tadi akan membuat SRF04 ini mengeluarkan suara ultrasonik. Kemudian ketika bunyi yang dipantulkan kembali ke sensor SRF04, bunyi tadi akan diterima dan membuat keluaran sinyal *high* pada pin *echo* yang kemudian menjadi inputan pada mikrokontroler. SRF04 akan memberikan pulsa 100µs - 18ms pada outputnya tergantung pada informasi jarak pantulan objek yang diterima. Lamanya sinyal *high* dari *echo* inilah yang digunakan untuk menghitung jarak antara sensor SRF04 dengan benda yang memantulkan bunyi yang berada di depan sensor ini.

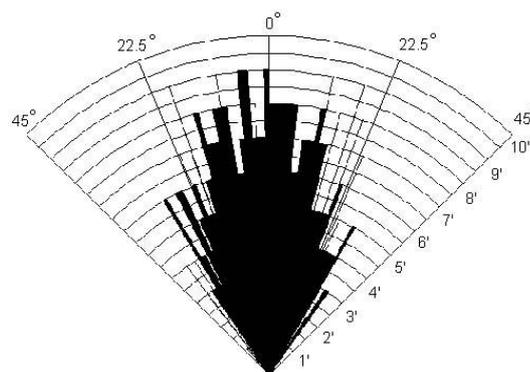


Untuk menghitung lamanya sinyal *high* yang diterima mikrokontroler dari pin *echo*, maka digunakan fasilitas *timer* yang ada pada masing-masing mikrokontroler. Ketika ada perubahan dari *low* ke *high* dari pin *echo* maka akan mengaktifkan *timer*, dan ketika ada perubahan dari *high* ke *low* dari pin *echo* maka akan mematikan *timer*. Setelah itu yang diperlukan adalah mengkonversi nilai *timer* dari yang satuannya dalam detik, menjadi ke dalam satuan jarak (*inch/cm*) dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Jarak (inch)} = \text{waktu hasil pengukuran (uS)} / 148$$

$$\text{Jarak (cm)} = \text{waktu hasil pengukuran (uS)} / 58$$

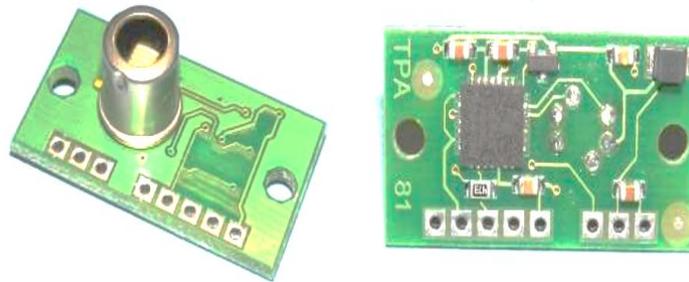
Berikut ini adalah data perbandingan antara sudut pantulan dan jarak pada sensor ultrasonik SRF04 :



Gambar 2.5 Perbandingan Sudut Pantul SRF04

2.2 *Sensor Thermal Array TPA81*

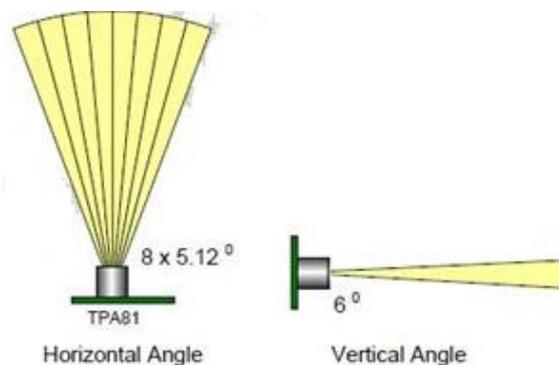
Sensor Thermal Array TPA 81 adalah sensor yang membaca radiasi panas. TPA81 dapat mendeteksi sinar infra merah dengan panjang gelombang 2 μ m-22 μ m. Panjang gelombang ini dihasilkan oleh benda-benda yang panas. Oleh karena yang dideteksi adalah radiasi panasnya saja, maka TPA81 dapat mengukur suhu tanpa harus menyentuh sumber panas. Sebagai gambaran, TPA81 dapat mendeteksi suhu api lilin dalam jarak 2 meter tanpa terpengaruh cahaya ruangan.



Gambar 2.6 *Module Sensor Thermal Array TPA 81*

(Sumber : <http://www.robot-electronics.co.uk/htm/tpa81tech.htm> diakses tanggal 28 April 2015 pukul 19.38 WIB).

TPA81 dapat mendeteksi suhu pada 8 titik sekaligus. Karena didalam TPA81 terdapat 8 buah sensor *thermopile* yang masing-masing memiliki sudut pandang (*Field of View*) 5.12° terhadap sumbu *horizontal* dan 6° terhadap sumbu *vertikal*. Jadi total sudut pandangnya adalah 41° dengan 6° .



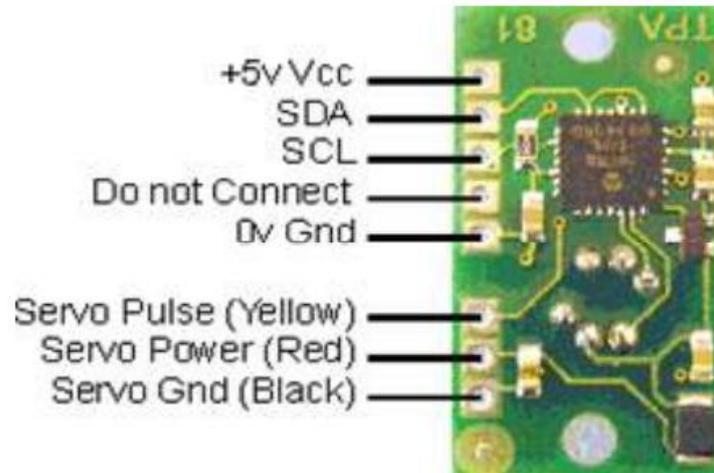
Gambar 2.7 *Sudut Sensor Thermal Array TPA 81*

(Sumber : <https://hendawan.wordpress.com/2009/02/10/thermal-array-tpa81/> diakses tanggal 26 April 2015 pukul 21.11 WIB).

Jalur komunikasi data TPA81 menggunakan teknologi I2C (Inter Integrated Circuit) yang menggunakan dua kabel saja yaitu SDA untuk jalur data dan SCK untuk jalur clock. Jika dihubungkan dengan mikrokontroler, TPA81 dapat dipasang paralel sebanyak 8 buah tanpa menambah jalur komunikasi. Anda hanya perlu menambahkan resistor pull-up 1K8 pada jalur SDA dan SCK.



Selain dapat mengeluarkan data suhu, TPA81 dapat juga mengendalikan sebuah motor servo.



Gambar 2.8 Konfigurasi Pin TPA81

(Sumber : <https://hendawan.wordpress.com/2009/02/10/thermal-array-tpa81/> diakses tanggal 26 April 2015 pukul 21.11 WIB).

Di dalam TPA81 terdapat 10 buah register yang dapat dibaca maupun di tulis yang terdapat pada tabel 2.1 dibawah ini, yaitu :

Tabel 2.1 Register Sensor TPA81

<i>Register</i>	<i>Read</i>	<i>Write</i>
0	<i>Software Revision</i>	<i>Command Register</i>
1	<i>Ambient Temperature ⁰C</i>	<i>Servo Range</i>
2	<i>Pixel 1 Temperature ⁰C</i>	N/A
3	<i>Pixel 2 Temperature ⁰C</i>	N/A
4	<i>Pixel 3 Temperature ⁰C</i>	N/A
5	<i>Pixel 4 Temperature ⁰C</i>	N/A
6	<i>Pixel 5 Temperature ⁰C</i>	N/A
7	<i>Pixel 6 Temperature ⁰C</i>	N/A
8	<i>Pixel 7 Temperature ⁰C</i>	N/A
9	<i>Pixel 8 Temperature ⁰C</i>	N/A



Hanya *register* 0 dan 1 yang dapat ditulisi. *Register* 0 adalah *command register* yang digunakan untuk mengatur posisi servo dan untuk mengubah *address* TPA81. *Register* ini tidak bisa dibaca. Membaca *register* 0 akan menghasilkan pembacaan *Software Revision*. Menulisi *register* 1 akan mengatur range servo. Membaca *register* 1 akan membaca suhu *ambient*. Ada 9 suhu yang bisa dibaca, semuanya dalam derajat Celcius ($^{\circ}C$). *Register* 1 menyimpan suhu *ambient* yang dibaca sensor. *Register* 2-9 adalah 8 *pixel* suhu. Pembacaan suhu akan akurat setelah 40 mS sensor mengarah pada posisi baru.

2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem *microprosesor* dimana didalamnya sudah terdapat CPU, ROM, RAM, I/O, *clock* dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi dengan baik oleh pabrik pembuatannya dan dikemas dalam satu chip yang siap pakai. Sehingga kita tinggal memprogram isi ROM sesuai aturan penggunaan oleh pabrik yang membuatnya.

Mikrokontroler umumnya dikelompokkan dalam satu keluarga. Berikut adalah contoh-contoh keluarga mikrokontroler :

- a. Keluarga MCS-51.
- b. Keluarga MC68HC05.
- c. Keluarga MC68HC11.
- d. Keluarga AVR.

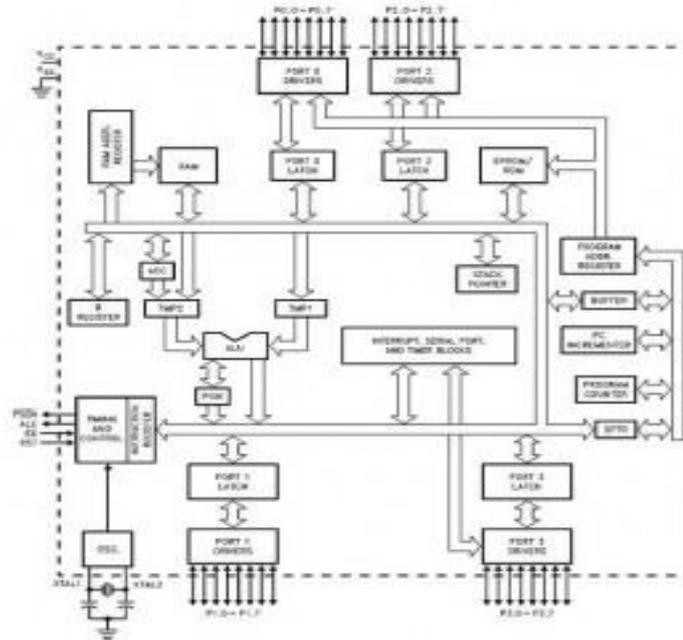
2.3.1 Mikrokontroller Keluarga MCS-51

Mikrokontroler MCS51 buatan Atmel terdiri dari dua versi, yaitu versi 20 kaki dan versi 40 kaki. Semua mikrokontroler ini dilengkapi dengan *Flash PEROM* (*Programmable Erasable Read Only Memory*) sebagai media memori-program, dan susunan kaki IC tersebut sama pada tiap versinya. Perbedaan dari mikrokontroler tersebut terutama terletak pada kapasitas memori – program, memori – data dan jumlah pewaktu 16 – bit. Mikrokontroler MCS51 Atmel versi



mini (20 pin) dan versi 40 pin secara garis besar memiliki struktur dasar penyusunan arsitektur mikrokontroler yang sama. Bagian-bagian tersebut secara lebih lengkap (detil) ditunjukkan dalam diagram blok berikut.

2.3.1.1 Diagram Blok Microcontroller Atmel MCS51



Gambar 2.9 Diagram Blok Mikrokontroler Atmel MCS51

(sumber:<http://elektronika-dasar.web.id/microcontroller-2/tipe-dan-fungsi-portmicrocontroller-atmel-mcs51> diakses tanggal 23 April 2015 pukul 20.00 WIB).

Mikrokontroler MCS51 Atmel versi 40 kaki mempunyai 32 kaki sebagai port paralel dan 8 pin yang lain untuk konfigurasi kerja mikrokontroler. Satu port paralel terdiri dari 8 kaki, dengan demikian 32 kaki tersebut membentuk 4 buah port paralel yang masing – masing dikenal sebagai port 0, port 1, port 2, port 3. Nomor dari masing – masing jalur (kaki) dari port paralel mikrokontroler MCS51 Atmel mulai dari 0 sampai 7, jalur (kaki) pertama dari port 0 disebut sebagai P0.0 dan jalur terakhir untuk port 3 adalah P3.7. Mikrokontroler MCS51 Atmel versi mini mempunyai 20 kaki, 15 kaki diantaranya adalah kaki port 1 dan port 3. 5 kaki yang lain untuk konfigurasi kerja mikrokontroler. Port 1 terdiri dari 8 jalur yaitu P1.0 sampai P1.7 dan port 3 terdiri dari 7 jalur yaitu P3.0 sampai P3.5 dan



P3.7. Susunan kaki mikrokontroler MCS51 atmel versi 40 kaki dapat dilihat pada gambar berikut.

2.3.1.2 Konstruksi Pin Mikrokontroler Atmel MCS51



Gambar 2.10 Konstruksi Pin Mikrokontroler Atmel MCS51

(sumber:<http://elektronika-dasar.web.id/microcontroller-2/tipe-dan-fungsi-portmicrocontroller-atmel-mcs51> diakses tanggal 23 April 2015 pukul 20.00 WIB).

2.3.2 Mikrokontroler Keluarga MC68HC05

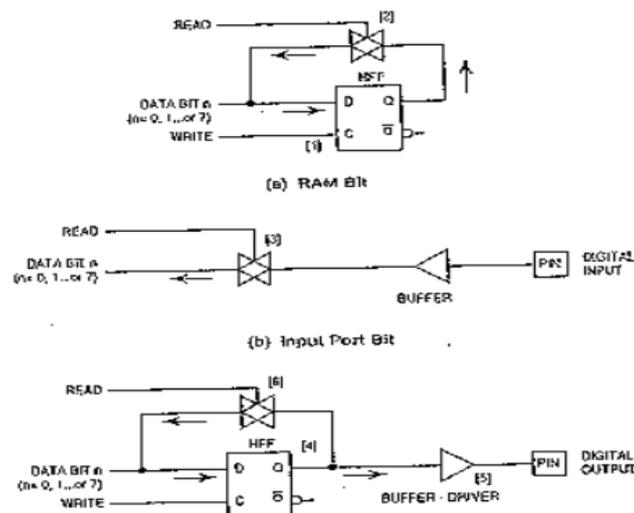
Mikrokontroler MC68HC05 terdapat sepuluh jalur alamat sehingga didapatkan 1024 lokasi memori. Sedangkan mikrokontroler MC68HC11 memiliki 16 jalur alamat sehingga dapat mengalami 65536 lokasi memori. Komputer 8-bit dengan sepuluh jalur alamat akan mempunyai peta memori dengan 1024 alamat dan masing – masing alamat memiliki 8 bit data. Alamat pertama dari lokasi memori adalah 00 0000 00002 dan alamat akhir 11 1111 11112. Sepuluh bit alamat tersebut pada umumnya dinyatakan dalam heksadesimal, sehingga jangkauan alamat memori tersebut menjadi \$0000 sampai \$03FF. Komputer menentukan lokasi memori mana yang akan digunakan dengan meletakkan kombinasi biner pada 10 jalur alamat kemudian mengirimkan sinyal *read* atau *write*. Hasilnya, informasi yang diinginkan pada alamat memori tertentu di atas akan muncul dalam delapan jalur data.



2.3.2.2 I/O Sebagai Tipe Memori

Informasi status dan kontrol dari I/O adalah suatu tipe dari lokasi memori yang memungkinkan sistem komputer untuk mendapatkan informasi dari dan ke dunia luar. Tipe lokasi memori ini tidak seperti memori pada umumnya karena informasi yang ada dapat berubah karena pengaruh selain dari CPU. Jenis paling sederhana dari lokasi memori I/O adalah *port input* dan *port output* sederhana. Dalam mikrokontroler 8-bit, *port input* sederhana terdiri dari delapan kaki yang dapat dibaca oleh CPU. *Port output* sederhana terdiri dari delapan kaki yang dapat dikontrol oleh CPU. Dalam kenyataannya, *port output* sederhana diimplementasikan dengan delapan *latch* dan jalur *feedback* yang memungkinkan CPU untuk membaca kembali apa yang sebelumnya ditulis ke *port output*.

Gambar di bawah memperlihatkan rangkaian ekuivalen dari satu bit RAM, satu *bit port input*, dan satu *bit port output* yang umum dan memiliki kemampuan membaca kembali. Dalam mikrokontroler nyata, rangkaian ini ada delapan untuk membentuk delapan bit RAM, *port input*, dan *port output*. Saat sinyal *clock high*, data dari *input D* menuju *output Q*. Saat *input clock low*, data ditahan pada kaki *output Q*.



Gambar 2.11 Rangkaian Ekuivalen dari satu bit RAM MC68HC05

(Sumber : <http://www.scribd.com/doc/60442972/BAB-II-Dasar-Teori-Baru#scribd> diakses tanggal 30 April 2015 pukul 22.00 WIB).



Saat CPU menyimpan informasi ke dalam RAM dalam gambar (a), sinyal *write* diaktifkan untuk menahan data dari jalur data bus ke dalam flip – flop [1]. *Latch* ini akan terus mengingat data yang telah diberikan sampai terjadi proses penulisan kembali atau jika daya dihilangkan. Saat CPU membaca data dalam RAM ini, sinyal *read* diaktifkan, yang kemudian mengaktifkan multiplexer [2]. Multiplexer ini membuat data dari *output latch* muncul kembali ke jalur data bus.

Saat CPU membaca data dari *port input* seperti pada gambar (b), sinyal *READ* diaktifkan, yang akan mengaktifkan multiplexer [3]. Multiplexer ini akan mengirimkan data yang ada dalam *buffer* ke jalur data bus. Sinyal *write* tidak mempunyai pengaruh dalam rangkaian ini.

Saat CPU menyimpan data ke *port output* seperti pada gambar (c), sinyal *write* diaktifkan untuk menahan data dari data bus menuju ke flip – flop [4]. *Output* dari *latch* ini, yang di *buffer* oleh *buffer driver* [5], muncul sebagai harga digital pada kaki *output*. Saat CPU akan membaca data dari *port output*, sinyal *read* diaktifkan, yang akan mengaktifkan multiplexer [6]. Multiplexer ini akan menyalurkan data dari *output flip – flop* ke jalur data bus.

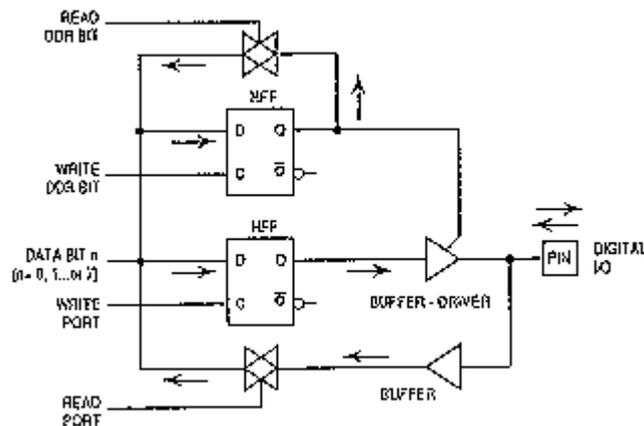
2.3.2.3 Register Kontrol dan Status Internal

Register kontrol dan status *internal* adalah lokasi memori I/O yang spesial. Di samping aksi sensor dan pengontrolan kaki *eksternal*, *register* ini juga melakukan aksi sensor dan pengontrolan sinyal level logika *internal*. Lihat gambar dan bandingkan antara RAM dengan *port output*. Perbedaan yang tampak hanyalah bahwa *port output* memiliki *buffer* untuk menghubungkan *state* dari flip-flop ke kaki *eksternal*. Dalam kasus bit kontrol *internal*, *output* dari *buffer* terhubung dengan sinyal kontrol *internal* tertentu. Suatu bit status *internal* mirip dengan bit *port input* tetapi bit status ini hanya melakukan aksi sensor terhadap sinyal *register internal*.

Mikrokontroler M68HC05 memiliki kaki-kaki I/O paralel. Arah jalur dari setiap kaki dapat diprogram dengan bit kontrol melalui *software*. Gambar di bawah menggambarkan I/O dua arah (*bi-directional*) dengan *latch output* dan bit



kontrol arah data. Kaki suatu port dikonfigurasi sebagai output jika bit DDR (*Data Direction Register*) yang bersesuaian diset menjadi logika satu. Suatu kaki dikonfigurasi sebagai *input* jika bit DDR yang bersesuaian diset menjadi logika nol. Saat pertama kali dihidupkan atau saat *reset*, semua bit DDR dinolkan, sehingga konfigurasi semua kaki port adalah sebagai input. DDR ini dapat ditulis dan dibaca oleh prosesor.



Gambar 2.12 Rangkaian *Register* Kontrol dan Status *Internal* MC68HC05

(Sumber : <http://www.scribd.com/doc/60442972/BAB-II-Dasar-Teori-Baru#scribd> diakses tanggal 30 April 2015 pukul 22.00 WIB).

2.3.2.4 Peta Memori

Karena terdapat ribuan dan bahkan lebih lokasi memori dalam suatu sistem mikrokontroller, menjadi penting untuk memiliki cara yang enak untuk menangani alamat masing – masing data dalam memori. Suatu peta memori adalah penggambaran yang mewakili semua spasi dalam memori mikrokontroller.

Empat digit heksadesimal yang terletak pada bagian kiri dari gambar di bawah adalah alamat yang dimulai pada \$0000 di atas dan terus bertambah sampai \$03F di bagian bawah. Alamat \$0000 berhubungan dengan awal lokasi memori sedangkan alamat \$03FF berhubungan dengan lokasi memori akhir. Sedangkan keterangan dalam kotak menunjukkan macam tipe dari memori dan isinya (RAM, EPROM, register I/O, dan sebagainya). Beberapa daerah, seperti *register* I/O, perlu dijelaskan lebih detail karena penting untuk mengetahui nama dari setiap



lokasi. Setiap lokasi memori sebanyak 1024 ini memiliki delapan bit data seperti pada gambar di bawah.

Lokasi memori 256 pertama (\$0000-\$00FF) dapat diakses oleh komputer dengan cara khusus yang disebut dengan mode pengalamatan langsung (*direct addressing mode*). *Register I/O on – chip* dan *32 byte RAM* terletak dalam area \$0000-\$00FF.

2.3.3 Mikrokontroller Keluarga MC68HC11

Mikrokontroller MC68HC11 buatan Motorola merupakan suatu keping tunggal yang memuat suatu sistem mikrokontroller terintegrasi dengan konfigurasi sebagai berikut:

- a. RAM dengan kapasitas 256 *byte*.
- b. EEPROM dengan kapasitas 512 *byte*.
- c. PortA, merupakan kombinasi masukan dan keluaran sebanyak 8-bit, yaitu port A0 – A2 untuk *input*, A3 – A6 sebagai *output* dan A7 digunakan sebagai *input* atau *output*.
- d. PortB dan PortC, merupakan port data dan alamat. PortB untuk alamat atas (ADDR8, ADDR9, ..., ADDR15)
- e. PortC untuk data dan alamat bawah (ADDR0, ADDR1, ... , ADDR7)
- f. PortD, dapat di kembangkan sebagai jalur SPI (*Serial Peripheral Interface*).
- g. PortE, port masukan baik analog maupun digital ke dalam sistem mikrokontroller M68HC11.

2.3.4 Mikrokontroller Keluarga AVR

Mikrokontroller AVR merupakan keluarga mikrokontroller atmel yang dibuat berdasarkan *architecture RISC (Reduced Instruction Set Computing)* terbaru untuk meningkatkan kecepatan, ukuran program dan penggunaan catu daya. AVR telah berhasil menggabungkan *fast access register file* dan *single cycle*



instruction dengan 32 register x 8 bit. Dengan 32 register AVR dapat mengeksekusi beberapa instruksi sekali jalan (*single cycle*), hal inilah yang membuat AVR relatif lebih cepat bila dibandingkan dengan mikrokontroler 8 bit lainnya. Enam dari 32 *register* yang ada dapat digunakan sebagai *indirect address register pointer* 16 bit untuk pengalamatan *data space*, yang memungkinkan penghitungan alamat yang efisien. AVR mempunyai kecepatan dari 0 – 16 Mhz bahkan AVR yang telah ditambahkan beberapa alat dapat mencapai kecepatan 20 Mhz. AVR merupakan mikrokontroler yang sangat *powerful* dan efisien dalam *addressing code* karena AVR dapat mengakses program memori dan data memori.

AVR secara umum terbagi dua jenis yaitu *high – voltage* dan *low – voltage performance* untuk varian ATMega tersebut perbedaan dapat dilihat pada akhiran nomor seri setiap AVR seperti tipe ATMega 8535 dan ATMega 8535L. Setiap tipe yang berakhiran L merupakan versi *low – voltage* dari AVR yang artinya AVR tersebut dapat bekerja pada tegangan 2,7 V. Untuk seri ATTiny sendiri juga terdapat dua jenis varian misalnya pada ATTiny 2313 dan ATTiny 2313V, pada tipe yang berakhiran V berarti *very low voltage* yaitu dapat beroperasi pada tegangan dibawah 2,7 V. Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas yaitu keluarga ATTiny, keluarga AT90xx, keluarga ATMega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing – masing kelas adalah memori, perangkat, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan hampir sama.

2.4 Mikrokontroler ATMega8535

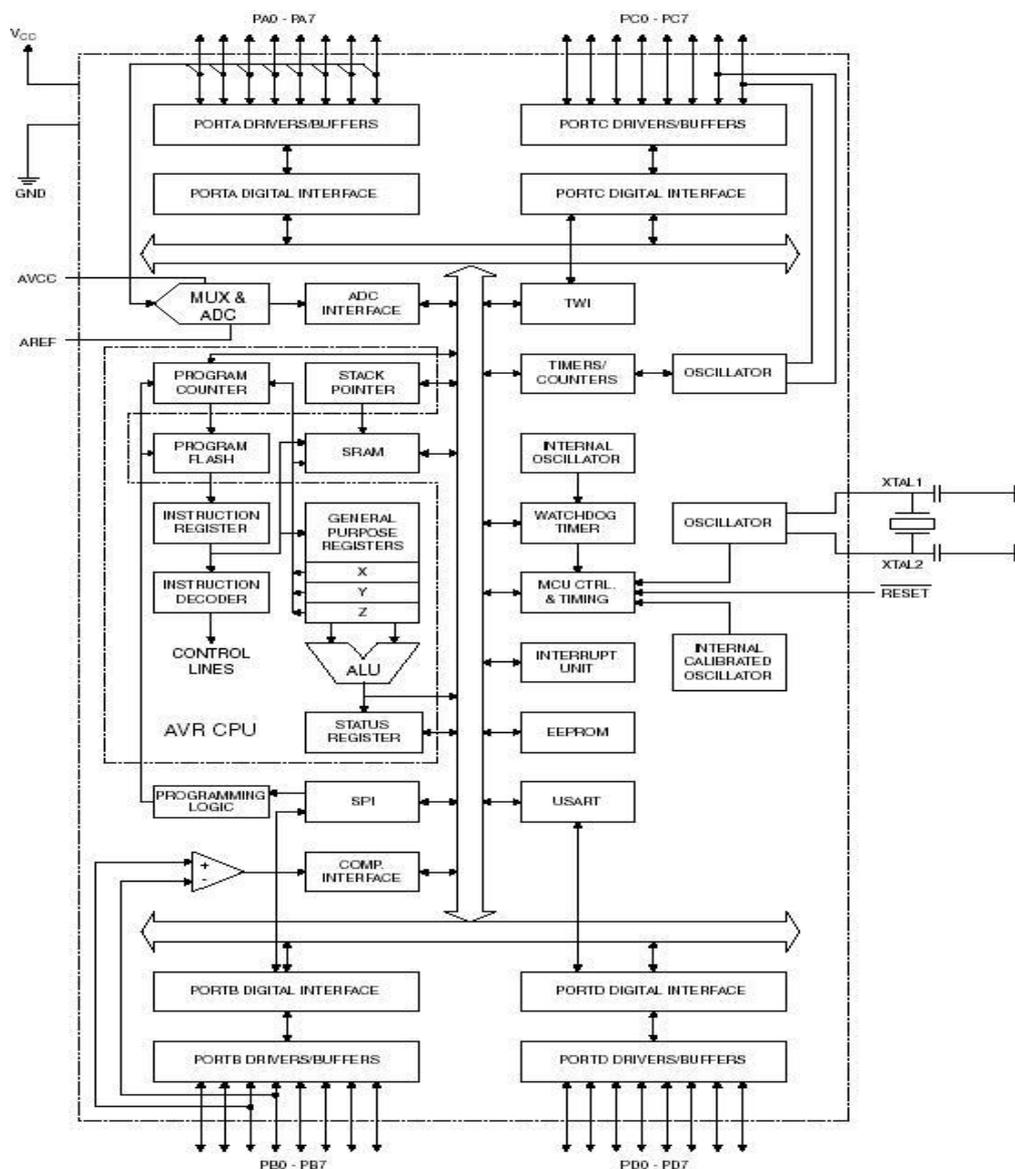
Mikrokontroler ATMega8535 adalah mikrokontroler CMOS 8 *bit* daya rendah berbasis arsitektur RISC. Semua intruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bit *word*) dan sebagian besar intruksi dieksekusi dalam satu siklus intruksi *clock*. , ATMega8535 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz, hal ini membuat ATMega8535 dapat bekerja dengan kecepatan tinggi walaupun dengan penggunaan daya rendah. Mikrokontroler ATMega8535 memiliki beberapa fitur atau spesifikasi yang menjadikannya sebuah solusi pengendali yang efektif untuk berbagai keperluan.



Mikrokontroler AVR ATmega8535 merupakan salah satu dari keluarga AVR. Mikrokontroler AVR ATmega8535 memiliki fitur yang cukup lengkap. Mikrokontroler AVR ATmega8535 telah dilengkapi dengan ADC *internal*, EEPROM *internal*, Timer/Counter, PWM, analog comparator, dll.

2.4.1 Arsitektur Atmega8535

Secara umum arsitektur mikrokontroler Atmega8535 dapat dilihat pada gambar 2.13 berikut:



Gambar 2.13 Blok Diagram Fungsional ATmega8535

(Sumber : Sumardi, Belajar AVR Mulai dari Nol, hal. 8)



Dari gambar blok diagram diatas dapat dilihat bahwa ATMega8535 memiliki bagian – bagian sebagai berikut :

- a. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu *port A*, *port B*, *port C*, dan *port D*.
- b. Kecepatan maksimal 16 MHz.
- c. ADC (*Analog to Digital Converter*) 10 bit sebanyak 8 *channel*.

ADC ATMega8535 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter yang amat fleksibel.

- d. Tiga buah *timer/counter* dengan kemampuan pembanding.

Tiga buah *timer/counter* ini dapat diatur dalam mode yang berbeda secara individu dan tidak saling mempengaruhi satu sama lain. Selain itu, *timer/counter* juga dapat difungsikan sebagai sumber interupsi. Masing – masing *timer/counter* ini memiliki *register* tertentu yang digunakan untuk mengatur mode dan cara kerjanya.

- e. CPU yang terdiri dari 32 buah *register*.

32 buah *register* ini dapat diakses sebagai bagian dari memori RAM atau dapat diakses sebagai I/O.

- f. *Watchdog timer* dengan osilator *internal*.

- g. SRAM sebesar 512 *byte*.

- h. Memori *flash* sebesar 8 Kb dengan kemampuan *Read While Write*.

- i. Unit interupsi *internal* dan *eksternal*.

- j. Port antarmuka SPI.

Serial Peripheral Interface (SPI) merupakan salah satu mode komunikasi *serial synchronous* kecepatan tinggi yang dimiliki oleh ATMega8535.

- k. EEPROM sebesar 512 *byte* yang dapat diprogram saat operasi.

Memori EEPROM hanya dapat diakses dengan menggunakan *register – register I/O* yaitu *register EEPROM Address*, *register EEPROM Data*, dan *register EEPROM Control*. Untuk mengakses memori EEPROM ini diperlakukan seperti mengakses data *eksternal*, sehingga waktu eksekusinya relatif lebih lama bila dibandingkan dengan mengakses data dari SRAM.

- l. Antarmuka komparator analog.
-

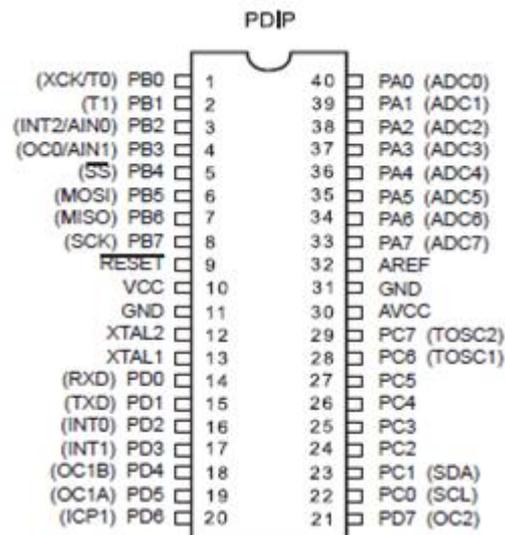


m. Port USART untuk komunikasi serial.

Asynchronous Serial Receiver and Transmitter (USART) merupakan komunikasi yang memiliki fleksibilitas tinggi yang dapat digunakan untuk melakukan transfer data baik antar mikrokontroler maupun dengan modul – modul *eksternal* termasuk yang memiliki fitur UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*).

2.4.2 Konfigurasi Pin dan Fungsi Masing – Masing Pin ATmega8535

Konfigurasi pin ATmega8535 dengan kemasan 40 pin DIP (*Dual Inline Package*) dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2.14 Konfigurasi Pin ATmega8535

(Sumber : Sumardi, Belajar AVR Mulai dari Nol, hal. 9)

Dari gambar diatas dapat dijelaskan fungsi dari masing – masing pin ATmega8535 sebagai berikut:

1. VCC berfungsi sebagai masukan catu daya sebesar +5V.
2. GND berfungsi sebagai pertanahan atau *grounding*.
3. *Port A (Port A7 – Port A0)* merupakan pin *input/output* dua arah dan pin masukan ADC, seperti yang dapat dilihat dalam tabel 2.2:

**Tabel 2.2** Fungsi Pin Pada *Port A*

Pin	Keterangan
PA.7	ADC7 (ADC <i>Input Channel</i> 7)
PA.6	ADC6 (ADC <i>Input Channel</i> 6)
PA.5	ADC5 (ADC <i>Input Channel</i> 5)
PA.4	ADC4 (ADC <i>Input Channel</i> 4)
PA.3	ADC3 (ADC <i>Input Channel</i> 3)
PA.2	ADC2 (ADC <i>Input Channel</i> 2)
PA.1	ADC1 (ADC <i>Input Channel</i> 1)
PA.0	ADC0 (ADC <i>Input Channel</i> 0)

4. *Port B* (*Port B7 – Port B0*) merupakan pin *input/output* dua arah dan memiliki fungsi khusus, seperti yang dapat dilihat dalam tabel 2.3:

Tabel 2.3 Fungsi Pin Pada *Port B*

Pin	Keterangan
PB.7	SCK (SPI <i>Bus Serial Clock</i>)
PB.6	VISO (SPI <i>Bus Master Input/Slave Output</i>)
PB.5	VOSI (SPI <i>Bus Master Output/Slave Input</i>)
PB.4	SS (SPI <i>Slave Select Input</i>)
PB.3	AIN1 (Analog <i>Comparator Negative Input</i>) OCC (Timer/Counter0 <i>Output Compare Match Output</i>)
PB.2	AIN0 (Analog <i>Comparator Positive Input</i>) INT2 (External <i>Interrupt2 Input</i>)
PB.1	T1 (Timer/Counter1 <i>External Counter Input</i>)
PB.0	T0 (Timer/Counter0 <i>External Counter Input</i>) XCK (JSART <i>External Clock Input/Output</i>)



5. *Port C (Port C7 – Port C0)* berfungsi sebagai *port I/O* dua arah. Fungsi lain port ini seperti yang dapat dilihat dalam tabel 2.4:

Tabel 2.4 Fungsi Pin Pada *Port C*

Pin	Keterangan
PC.7	TOSC2 (<i>Timer Oscillator Pin2</i>)
PC.6	TOSC1 (<i>Timer Oscillator Pin1</i>)
PC.5	<i>Input/Output</i>
PC.4	<i>Input/Output</i>
PC.3	<i>Input/Output</i>
PC.2	<i>Input/Output</i>
PC.1	SDA (<i>Two – Wire Serial Bus Data Input/Output Line</i>)
PC.0	SCL (<i>Two – Wire Serial Bus Clock Line</i>)

6. *Port D (Port D7 – Port D0)* berfungsi sebagai *port I/O* dua arah. Port PD0 dan PD1 juga berfungsi sebagai RXD dan TXD, yang dipergunakan untuk komunikasi serial. Fungsi lain port ini selengkapnya dapat dilihat dalam tabel 2.5 :

Tabel 2.5 Fungsi Pin Pada *Port D*

Pin	Keterangan
PD.7	OC2 (<i>Timer/Counter Output Compare Match Output</i>)
PD.6	ICP (<i>Timer/Counter1 Input Capture Pin</i>)
PD.5	OC1A (<i>Timer/Counter1 Output Compare A Match Output</i>)
PD.4	OC1B (<i>Timer/Counter1 Output Compare B Match Output</i>)
PD.3	INT1 (<i>External Interrupt 1 Input</i>)
PD.2	INT0 (<i>External Interrupt 0 Input</i>)
PD.1	TXD (<i>USART Output Pin</i>)
PD.0	RXD (<i>USART Input Pin</i>)



7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk me – *reset* mikrokontroller.
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock eksternal*.
9. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

2.4.3 Konstruksi Memori ATmega8535

Mikrokontroler ATmega8535 memiliki 3 jenis memori, yaitu memori program, memori data dan memori EEPROM. Ketiganya memiliki ruang sendiri dan terpisah.

- a. Memori program ATmega8535 memiliki kapasitas memori program sebesar 8 Kbyte yang terpetakan dari alamat 0000h – 0FFFh dimana masing-masing alamat memiliki lebar data 16 bit. Memori program ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu bagian program *boot* dan bagian program aplikasi.
 - b. Memori data ATmega8535 memiliki kapasitas memori data sebesar 608 byte yang terbagi menjadi 3 bagian yaitu register serba guna, register I/O dan SRAM. ATmega8535 memiliki 32 byte register serba guna, 64 byte register I/O yang dapat diakses sebagai bagian dari memori RAM (menggunakan instruksi LD atau ST) atau dapat juga diakses sebagai I/O (menggunakan instruksi IN atau OUT), dan 512 byte digunakan untuk memori data SRAM.
 - c. Memori EEPROM ATmega8535 memiliki memori EEPROM sebesar 512 byte yang terpisah dari memori program maupun memori data. Memori EEPROM ini hanya dapat diakses dengan menggunakan register-register I/O yaitu register EEPROM *Address*, register EEPROM *Data*, dan register EEPROM *Control*. Untuk mengakses memori EEPROM ini diperlakukan seperti mengakses data eksternal, sehingga waktu eksekusinya relatif lebih lama bila dibandingkan dengan mengakses data dari SRAM.
-



2.5 Modem Wavecom

Wavecom adalah pabrikan asal Perancis (bermarkas di kota Issy-les-Moulineaux, Perancis) yaitu wavecom.SA yang berdiri sejak 1003 bermula sebagai biro konsultan teknologi dan sistem jaringan nirkabel GSM dan pada 1996 wavecom mulai membuat desain daripada modul wireless GSM pertamanya dan diresmikan pada 1997, bentuk modul GSM pertama berbasis GSM dan pengkodean khusus yang disebut AT-command. Sulit mencari referensi module tipe apa yang pertama dibuat oleh Wavecom SA, namun bisa dicarikan beberapa module yang familiar ditelinga pengguna wavecom Indonesia.



Gambar 2.15 Modem Wavecom Fastrack Type M1306B

(Sumber:<http://datakreasi.co.id/?wpsc-product=modem-wavecom-single-m1306b-q2406b-usb-gsm> diakses tanggal 29 April 2015 pukul 21.30 WIB)

Mulai dirilisnya wavecom fastrack sureme 10/20, wavecom ternyata sudah berganti pemilik yaitu Sierra Wireless bermarkas di Canada dan pada januari 2010 seluruh kepentingan Wavecom diakuisisi penuh ke Sierra Wireless ini termasuk penggantian nama Fastrack menjadi FXT dan tipe – tipe baru yang sebenarnya masih berplatform sama dengan pendahulunya.



Modem Wavecom M1306B P2303 USB GSM adalah modem untuk kebutuhan server pulsa dan sms gateway. Para pengusaha server pulsa dan sms gateway menggunakan tipe modem M1306B Q2406B, M1306B Q2403A dan lain – lain. Tetapi kami memberikan tipe alternatif modem baru yaitu Modem Wavecom M1306B P2303. Modem menggunakan chipset P2303 dan bukan merupakan chipset keluaran baru. Modem tipe chipset ini direkomendasikan untuk penggunaan SMS dan dial.

Beberapa fungsi kegunaan modem ini di masyarakat adalah antara lain:

1. *SMS Broadcast application*
2. *SMS Quiz application*
3. *SMS Polling*
4. *SMS auto-reply*
5. *M2M integration*
6. *Aplikasi Server Pulsa*
7. *Telemetry*
8. *Payment Point Data*
9. *PPOB*
10. *dsb.*

Kelebihan menggunakan Modem Wavecom Fastrack ketimbang Modem GSM/HP :

- 1) Wavecom jauh lebih stabil dibanding Modem GSM/HP
 - 2) Wavecom tidak gampang panas dibanding Modem GSM/HP
 - 3) Pengiriman SMS yang lebih cepat dibanding Modem GSM/HP (1000 s/d 1200 SMS per jam)
 - 4) Support AT Command, bisa cek sisa pulsa, cek point, cek pemakaian terakhir, dll
 - 5) Tidak semua Modem GSM/HP support AT Command
 - 6) Tidak memakai baterai sehingga lebih praktis digunakan
 - 7) Dan masih banyak lainnya
-



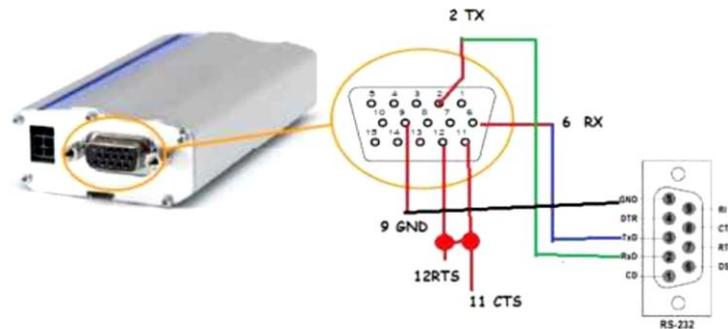
2.5.1 Komunikasi Serial Modem Wavecom

Komunikasi serial merupakan komunikasi data dengan pengiriman data secara satu per satu pada waktu tertentu. Sehingga komunikasi data serial hanya menggunakan dua kabel yaitu kabel data untuk pengiriman yang disebut *transmit* (TX) dan kabel data untuk penerimaan yang disebut *receive* (RX). Kelebihan dari komunikasi serial adalah jarak pengiriman dan penerimaan dapat dilakukan dalam jarak yang cukup jauh dibandingkan dengan komunikasi paralel tetapi kekurangannya kecepatannya lebih lambat dibandingkan komunikasi paralel.

Dikenal dua cara komunikasi data secara serial, yaitu komunikasi data secara sinkron dan komunikasi data secara asinkron. Pada komunikasi data serial sinkron, *clock* dikirimkan bersama – sama dengan data serial, sedangkan komunikasi data serial asinkron, *clock* tidak dikirimkan bersama data serial, tetapi dibangkitkan secara sendiri – sendiri baik pada sisi pengirim (*transmitter*) maupun pada sisi penerima (*receiver*).

Dalam Tugas Akhir ini komunikasi antara modem wavecom dengan mikrokontroler yang digunakan adalah komunikasi serial secara asinkron yang bersifat *full – duplex*, artinya port serial bisa mengirim dan menerima pada waktu yang bersamaan. Perangkat yang digunakan yaitu kabel komunikasi serial RS232 yang biasa digunakan untuk menghubungkan periferan *eksternal* seperti modem dengan komputer modem memiliki level tegangan yang berbeda dengan level tegangan TTL ataupun RS232, tetapi untuk kompatibilitas modem agar bisa terkoneksi dengan PC guna berbagai keperluan maka disediakan kabel data yang *compatible* dengan standar RS232 sebagai *interface* untuk koneksi ke PC, untuk konfigurasi *port* data modem yang digunakan yaitu wavecom m1306b diperlihatkan pada gambar 2.16.

Dengan alasan inilah maka digunakan komunikasi serial standar RS232 sebagai dasar *interface* antara modem dengan mikrokontroler pada alat.



Gambar 2.16 Konfigurasi Port Data Modem Wavecom M1306B

(Sumber: <http://datakreasi.co.id/?wpsc-product=modem-wavecom-single-m1306b-q2406b-usb-gsm> diakses tanggal 29 April 2015 pukul 21.30 WIB)

2.6 LCD

LCD atau *Liquid Crystal Display* sekarang semakin banyak digunakan, dari yang berukuran kecil, seperti LCD pada sebuah MP3 *player*, sampai yang berukuran besar seperti monitor PC atau televisi. Warna yang dapat ditampilkan bisa bermacam-macam, dari yang 1 warna (*monokrom*) sampai yang 65.000 warna. LCD sangat berbeda dengan *display 7 segmen* atau *display dot matriks*. Untuk menyalakan LCD diperlukan sinyal khusus (gelombang AC). Oleh karena itu, diperlukan sebuah IC *driver* yang khusus juga.

Dalam modul LCD (*Liquid Cristal Display*) terdapat mikrokontroller yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD (*Liquid Cristal Display*). Mikrokontroller pada suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) dilengkapi dengan memori dan *register*.

Memori yang digunakan mikrokontroller *internal* LCD adalah :

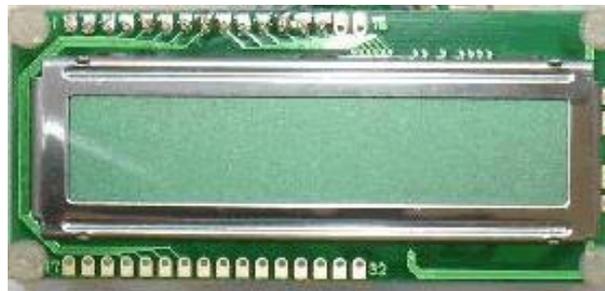
1. DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
2. CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.



3. CGROM (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD (*Liquid Cristal Display*) tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

Register control yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah.

1. *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.
2. *Register* data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau ke DDRAM. Penulisan data pada *register* akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.



Gambar 2.17 LCD 16x2

(Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/lcd-liquid-cristal-display/> diakses tanggal 27 April 2015 pukul 21.00 WIB)

Umumnya, sebuah LCD karakter akan mempunyai 14 pin untuk mengendalikannya. Pin - pin terdiri atas 2 pin catu daya (Vcc dan Vss), 1 pin untuk mengatur *contrast* LCD (Vee), 3 pin kendali (RS, R/W dan E), 8 pin data (DB0 - DB7). Pada LCD yang mempunyai *back light*, disediakan 2 pin untuk memberikan tegangan ke dioda *back light* (disimbolkan dengan A dan K).

Tabel 2.6 memperlihatkan pin-pin LCD dan fungsinya.

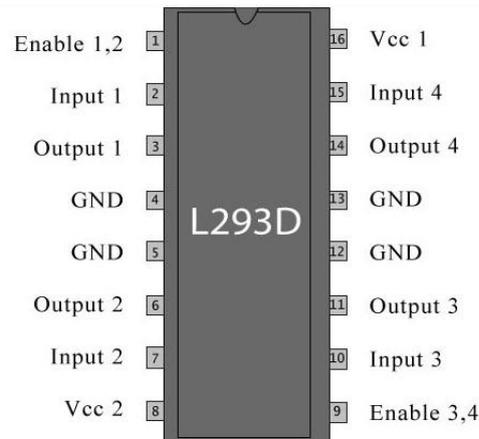


Tabel 2.6 Fungsi Kaki – Kaki pada LCD

No	Nama	Fungsi	Keterangan
1.	Vss	Catu daya (0 V atau GND)	
2.	Vcc	Catu daya +5 V	
3.	Vee	Tegangan LCD	
4.	RS	<i>Register Select</i> , untuk mengirim perintah (<i>Input</i>)	“0” memilih <i>register</i> perintah “1” <i>register</i> data
5.	R/W	<i>Read/Write</i> , Pin untuk pengendali baca atau tulis (<i>Input</i>)	“0” ditulis “1” baca, dalam banyak aplikasi tidak ada proses pembacaan data dari LCD , sehingga R/W bisa langsung dihubungkan ke GND
6.	E	<i>Enable</i> , untuk mengaktifkan LCD untuk memulai operasi baca tulis	Pulsa: Rendah-Tinggi Rendah
7.	DB0 - DB7	<i>Bus data (Input/Output)</i>	Pada operasi 4 bit hanya DB4 – DB7 yang digunakan, yang lain dihubungkan ke GND. DB7 dapat digunakan sebagai bit status sibuk (<i>busy flag</i>)

2.8 IC L293 D

IC L293D adalah IC yang didesain khusus sebagai *driver* motor DC dan dapat dikendalikan dengan rangkaian TTL maupun mikrokontroler. Motor DC yang dikontrol dengan *driver* IC L293D dapat dihubungkan ke *ground* maupun ke sumber tegangan positif karena di dalam *driver* L293D sistem *driver* yang digunakan adalah *totem pool*. Dalam 1 unit chip IC L293D terdiri dari 4 buah *driver* motor dc yang berdiri sendiri sendiri dengan kemampuan mengalirkan arus 1 Ampere tiap drivernya. Sehingga dapat digunakan untuk membuat *driver* H-bridge untuk 2 buah motor DC.



Gambar 2.18 Konfigurasi Pin L293D

(Sumber : http://www.robotix.in/tutorials/category/auto/motor_driver diakses tanggal 27 April 2015 pukul 21.00 WIB)

Tabel 2.7 Deskripsi Pin L293D

Pin No.	Function	Name
1.	<i>Enable pin for Motor 1; active high</i>	<i>Enable 1,2</i>
2.	<i>Input 1 for Motor 1</i>	<i>Input 1</i>
3.	<i>Output 1 for Motor 1</i>	<i>Output 1</i>
4.	<i>Ground (0V)</i>	<i>Ground</i>
5.	<i>Ground (0V)</i>	<i>Ground</i>
6.	<i>Output 2 for Motor 1</i>	<i>Output 2</i>
7.	<i>Input 2 for Motor 1</i>	<i>Input 2</i>
8.	<i>Supply voltage for Motors; 9-12V (up to 36V)</i>	<i>Vcc₂</i>
9.	<i>Enable pin for Motor 2; active high</i>	<i>Enable 3,4</i>
10.	<i>Input 1 for Motor 1</i>	<i>Input 3</i>
11.	<i>Output 1 for Motor 1</i>	<i>Output 3</i>
12.	<i>Ground (0V)</i>	<i>Ground</i>
13.	<i>Ground (0V)</i>	<i>Ground</i>
14.	<i>Output 2 for Motor 1</i>	<i>Output 4</i>
15.	<i>Input 2 for Motor 1</i>	<i>Input 4</i>
16.	<i>Supply voltage; 5V (up to 36V)</i>	<i>Vcc₁</i>

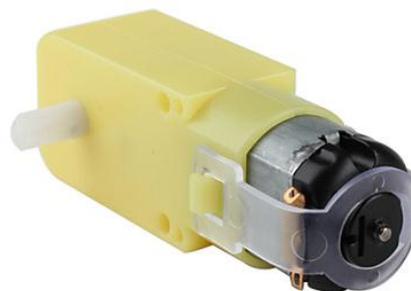


2.9 Motor Dc

Motor DC adalah suatu motor yang mengubah energi listrik searah menjadi mekanis yang berupa tenaga penggerak torsi. Motor DC digunakan dimana kontrol kecepatan dan ketepatan torsi diperlukan untuk memenuhi kebutuhan. Bagian motor yang paling penting adalah rotor dan stator. Bagian rotor adalah bagian yang berputar dari suatu motor DC seperti lilitan jangkar, jangkar, koutator, tali, isolator, poros, bantalan dan kipas. Bagian stator adalah badan motor, sikat-sikat dan inti kutub magnet. 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 magnetik energi membesar melintasi ruang terbuka diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet.
- *Current Elektromagnet* atau Dinamo, dinamo yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi.
- Komutator, komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.



Gambar 2.19 Motor DC

(sumber : http://www.miniinthebox.com/id/smart-car-tt-motor-dc-geared-motor_p381437.html diakses tanggal 28 April 2015 pukul 21.15 wib)



2.9.1 Prinsip Dasar Cara Kerja

Motor DC mempunyai bagian yang mantap (stator) yang berupa magnet permanen dan bagian yang bergerak (rotor) yang berupa koil atau gulungan kawat tembaga. Dimana setiap ujungnya tersambung dengan komutator. Komutator dihubungkan dengan kutub positif (+) dan kutub negatif (-) dari catu daya.

Arus listrik dari kutub positif akan masuk melalui komutator, kemudian berjalan mengikuti gulungan kawat sebelumnya, akhirnya masuk ke kutub negatif catu daya. Karena adanya medan elektromagnetik maka motor akan berputar.

Karena putaran rotor, arus listrik di dalam kawat akan berjalan bolak-balik karena Jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar konduktor. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor, maka rotor akan selalu berputar terus menerus selama arus listrik tetap mengalir di dalam kawat.
