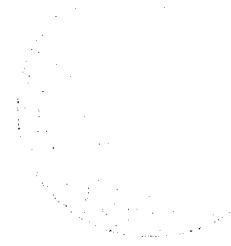


BAB II

DASAR TEORI



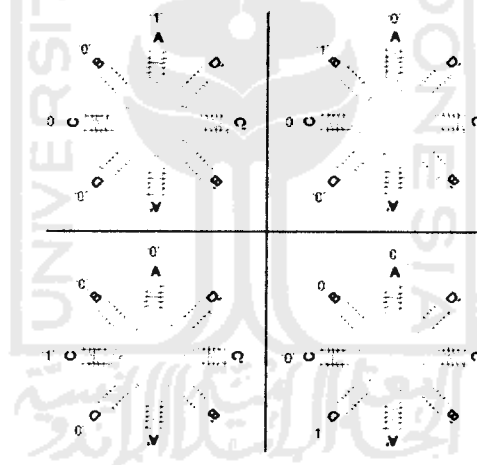
2.1 Motor Stepper

Motor *stepper* adalah salah satu tipe motor yang sangat populer digunakan sebagai penggerak/pemutar peralatan industri. Prinsip kerja motor *stepper* ini mirip dengan motor DC, yaitu sama-sama dicatu dengan tegangan DC untuk memperoleh medan magnet. Bila DC motor memiliki magnet tetap pada stator, *stepper* motor mempunyai magnet tetap pada rotor. Suatu motor *stepper* biasanya cukup dinyatakan dengan spesifikasi : “berapa fasa“, “berapa derajat perstep”, “berapa volt tegangan catu untuk tiap lilitan” dan “berapa *ampere*/miliampere arus yang dibutuhkan untuk tiap lilitan”.

Pada dasarnya motor *stepper* merupakan motor DC yang tidak memiliki komutator. Secara tipikal, motor *stepper* hanya mempunyai kumparan pada statornya, sedangkan pada bagian rotornya merupakan magnet permanen. Bagian tengah merupakan bagian yang berputar yang disebut rotor, dan bagian yang diam disebut stator. Stator terdiri dari beberapa kutub, makin banyak kutub makin sulit konstruksinya. Pada motor *stepper* dengan empat kutub, setiap kutub memiliki lilitan yang menghasilkan medan magnet yang akan menggerakkan rotor. Bila kumparan mendapatkan tegangan, dengan analogi mendapat logika ‘1’ maka akan dibangkitkan kutub magnet yang berlawanan dengan kutub magnet tetap pada rotor. Sehingga posisi kutub magnet rotor akan ditarik mendekati lilitan yang menghasilkan kutub magnet yang berlawanan tadi. Bila langkah berikutnya, lilitan

yang bersebelahan diberi tegangan dan satu tegangan sebelumnya dilepas, maka kutub magnet tetap pada rotor itu akan berpindah posisi menuju kutub magnet lilitan yang dihasilkan. Berarti telah terjadi gerakan 1 *step*. Bila langkah ini diulang terus-menerus, dengan memberikan tegangan secara bergantian ke lilitan-lilitan yang bersebelahan, maka rotor akan “berputar”.

Sedangkan untuk membalikkan putaran motor *stepper* cukup membalikkan urutan pemberian arus pada lilitan. Untuk memperlambat atau mempercepat putaran, cukup mengatur waktu urutan pemberian arus saja. Akan tetapi, terlalu lambat akan menyebabkan motor *stepper* bergetar dan jika terlalu cepat akan mengakibatkan motor tidak mau berputar (*slip*).



Gambar 2.1. Konstruksi motor *stepper*

Logika perputaran rotor tersebut dapat dianalogikan secara langsung dengan data ‘0’ atau ‘1’ yang diberikan secara serentak terhadap semua lilitan stator motor. Hal ini memudahkan bagi ‘*system designer*’ dalam hal menciptakan putaran-putaran motor *stepper* secara bebas dengan hanya memainkan bit-bit

pada data yang dikirimkan ke rangkaian *interface* motor *stepper* tersebut. Urutan pemberian arus pada lilitan dan arah putaran yang dikehendaki pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Urutan pemberian arus

Step ke	Searah jarum jam				Berlawanan jarum jam			
1	1	0	0	0	0	0	0	1
2	0	1	0	0	0	0	1	0
3	0	0	1	0	0	1	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0
	Kembali ke step 1				Kembali ke step 1			

Pergerakan motor *stepper* adalah berdasarkan perubahan logika pada input lilitan-lilitannya dan untuk dapat membuat gerakan yang lebih presisi biasanya jumlah batang magnet di rotor diperbanyak dan lilitan dibuat berpasang-pasangan sesuai dengan posisi kutub magnet rotor. Cara lain adalah dengan menggunakan sistem *gear* pada poros rotor tanpa mengubah karakteristik motor *stepper*-nya.

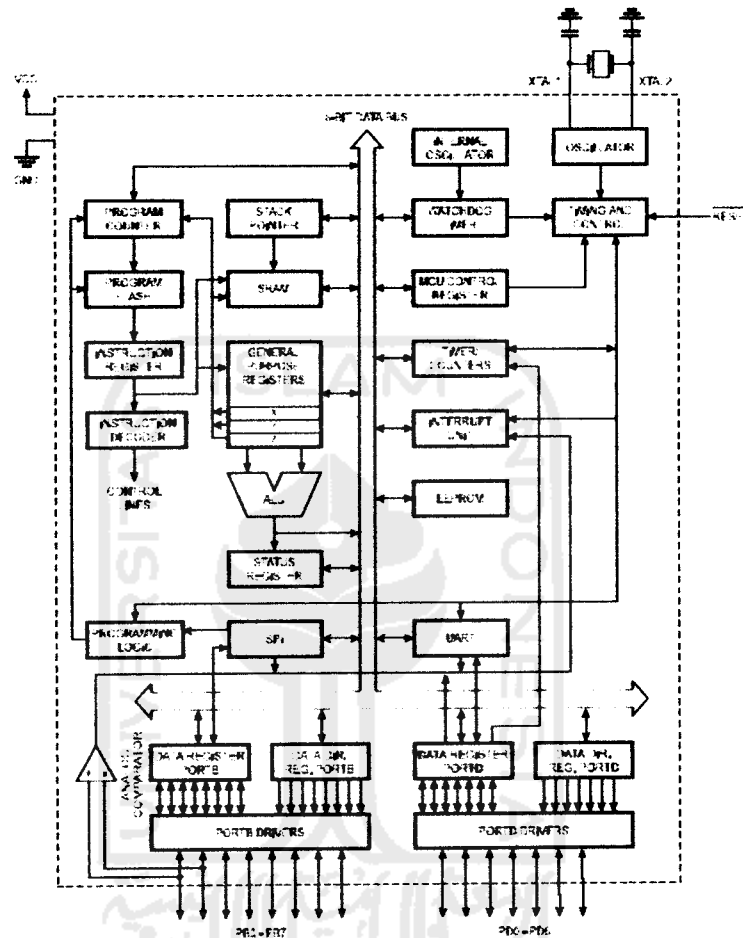
2.2 Mikrokontroler AVR AT90S2313

Mikrokontroler AVR seri AT90S2313 dipilih karena mikrokontroler ini dapat mewakili beberapa seri yang lain, baik dari segi instruksi yang digunakan, maupun *peripheral*-nya yang relatif lengkap.

2.2.1 Arsitektur Mikrokontroler AVR AT90S2313

Mikrokontroler AT90S2313 merupakan mikrokontroler CMOS dengan daya rendah yang memiliki arsitektur AVR RISC 8-bit. Arsitektur ini mendukung kemampuan untuk melaksanakan eksekusi instruksi hanya dalam waktu satu siklus *clock* osilator. Hal ini sangat cocok bila menginginkan suatu desain sistem aplikasi yang cepat dan hemat daya. AVR ini memiliki fitur untuk menghemat

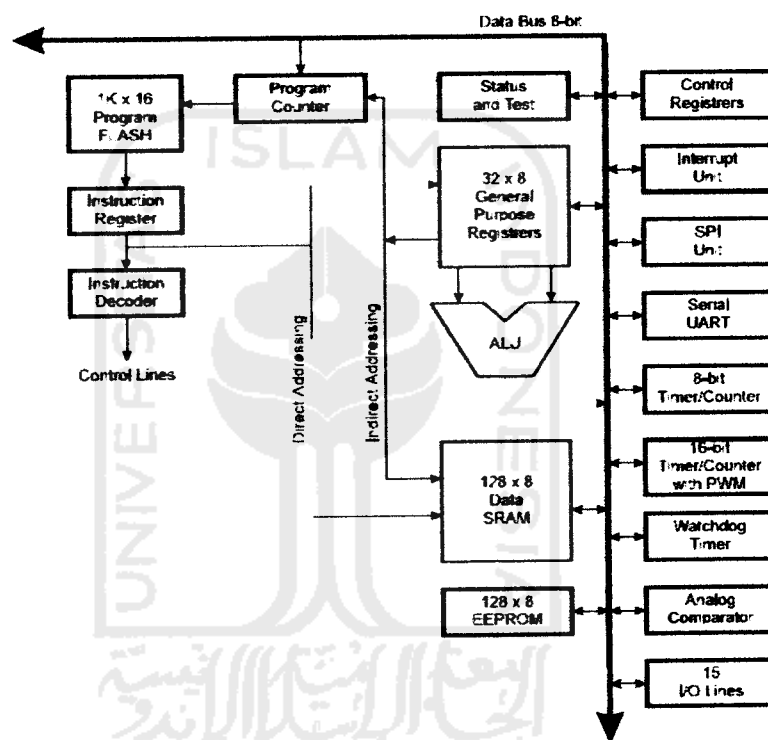
konsumsi daya, yaitu dengan menggunakan mode *sleep*. Mode *sleep* pada mikrokontroler AVR ada dua macam, yaitu mode *idle* dan mode *power-down*.



Gambar 2.2 Blok diagram fungsional AT90S2313

Mikrokontroler AVR memiliki model arsitektur *Harvard*, dimana memori dan *bus* untuk program dan data dipisahkan. Dalam arsitektur AVR, seluruh 32 register umum yang ada terhubung langsung ke ALU prosesor. Hal inilah yang membuat AVR begitu cepat dalam mengeksekusi instruksi. Dalam satu siklus *clock*, terdapat dua register independen yang dapat diakses oleh satu instruksi.

Teknik yang digunakan adalah *fetch during execution* atau memegang sambil mengerjakan. Hal ini berarti, dua operan dibaca dari dua register, dilakukan eksekusi operasi, dan hasilnya disimpan kembali dalam salah satu register, semuanya dilakukan hanya dalam satu siklus *clock*. Arsitektur AVR AT90S2313 ditunjukkan dalam gambar berikut.



Gambar 2.3 Arsitektur AT90S2313

Dari register yang ada, terdapat enam buah register yang dapat digunakan untuk pengalamatan tidak langsung 16-bit sebagai register *pointer*. Register tersebut memiliki nama khusus, yaitu X, Y, dan Z. Masing-masing terdiri dari sepasang register. Register-register khusus tersebut adalah R26:R27 (register X), R28:R29 (register Y), dan R30:R31 (register Z). Selain ketiga pasangan register

tersebut, sebenarnya terdapat satu pasang register lagi yang dapat digunakan bersama untuk pengolahan data 16-bit, yaitu R24:R25. Pasangan register ini tidak memiliki nama khusus sebagaimana ketiga pasangan register yang telah disebutkan sebelumnya.

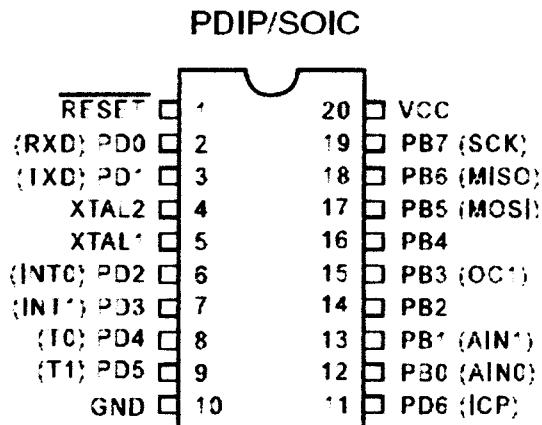
2.2.2 Fitur AT90S2313

Mikrokontroler AT90S2313 memiliki fitur-fitur utama antara lain sebagai berikut:

1. 118 macam instruksi,
2. 32 x 8 bit *General Purpose Register*,
3. Memori program *Flash* pada ROM 2 K word (1K x 16),
4. Memori data SRAM 128 byte,
5. Memori EEPROM 128 byte,
6. Jalur I/O 15 pin,
7. *Timer/counter* 2 buah,
8. *Output PWM* 1 kanal,
9. Serial I/O menggunakan USART,
10. Komparator analog.

2.2.3 Konfigurasi Pin AT90S2313

AT90S2313 beredar dalam dua jenis kemasan, yaitu 20 DIP dan 20 SOIC. Dengan kemasannya yang cukup sederhana maka akan memudahkan dalam mempelajari cara-cara pemrograman mikrokontroler AVR tanpa harus dipusingkan oleh instalasi kabel yang melibatkan banyak jalur sebagaimana pada mikrokontroler dengan jumlah pin di atas 40 buah. Berikut adalah pin-pin pada AT90S2313.



Gambar 2.4 Pin AT90S2313

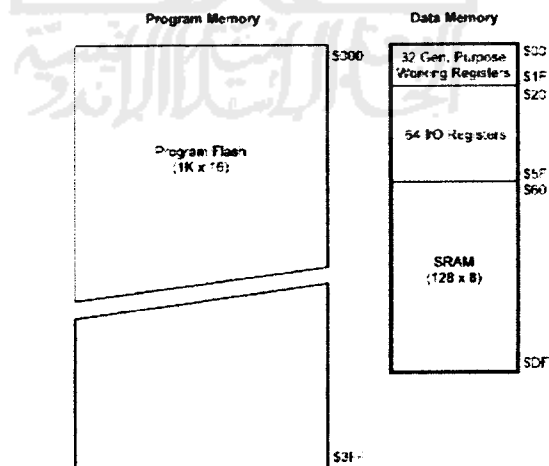
Dari gambar tersebut dapat dijelaskan secara fungsional konfigurasi pin AT90S2313 sebagai berikut:

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya.
2. GND merupakan pin *ground*.
3. *Port B (PB7..PB0)* *Port B* merupakan *port I/O 8-bit bi-directional*. Pin-pin pada *port* ini dapat diberi resistor *pull-up* internal secara individual. PB0 dan PB1 juga dapat digunakan untuk melayani *input* sebagai komparator analog. *Buffer port B* dapat mencatu arus hingga 20 mA dan dapat secara langsung *men-drive* LED.
4. *Port D (PD6..PD0)* *port D* memiliki tujuh buah pin *I/O bi-directional*, yakni PD6..PD0. Seperti halnya *port B*, pin-pin pada *port* ini juga mampu *men-drive* LED karena dapat mencatu arus hingga 20 mA.
5. RESET , *Reset input*. Kondisi logika rendah "0" lebih dari 50 ns pada pin ini akan membuat mikrokontroler masuk ke dalam kondisi reset.

6. XTAL1, *Input* bagi *inverting oscillator amplifier* dan *input* bagi *clock* internal.
7. XTAL2, *Output inverting oscillator amplifier*.

2.2.4 Organisasi Memori

Dalam organisasi memori AVR, 32 register keperluan umum (GPR) menempati *space* data pada alamat terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sedangkan register-register khusus, untuk penanganan I/O dan kontrol terhadap mikrokontroler, menempati 64 alamat berikutnya, yaitu mulai dari \$20 hingga \$5F. Register-register ini merupakan register-register khusus digunakan untuk melakukan pengaturan fungsi terhadap berbagai *peripheral* mikrokontroler semacam kontrol register, *timer/counter*, fungsi-fungsi I/O, dan sebagainya. Kelompok register ini dinamakan register I/O. Alamat memori berikutnya digunakan untuk SRAM 128 *byte*, yaitu pada lokasi \$60 sampai dengan \$DF. Gambaran peta memori untuk AVR AT90S2313 ditunjukkan oleh gambar berikut.



Gambar 2.5 Peta memori AT90S2313

2.2.5 Port I/O

Mikrokontroler AVR AT90S2313 mempunyai dua buah port I/O yaitu:

a. Port B

Port B merupakan port I/O 8-bit *bi-directional* yang masing-masing pinnya dapat dikonfigurasi secara individual. Masing-masing pin dalam port ini juga memiliki fasilitas berupa register *pull-up* internal yang berguna untuk memberikan kondisi yang tentu (tidak ngambang) pada saat dikonfigurasi sebagai *input*, tanpa harus memberikan *pull-up* eksternal. Untuk mendukung penggunaan untuk menangani fungsi *Port B*.

Ada tiga buah alamat memori yang khusus digunakan untuk menangani fungsi port B yaitu:

- i. *Data register (PORTB)* yang berlokasi pada \$18 (\$38), register ini dapat ditulis maupun dibaca.
- ii. *Data Direction register port B (DDRB)* yang berlokasi pada \$17 (\$37), register ini dapat ditulis atau dibaca.
- iii. *Port B input pin (PINB)*, berlokasi pada \$16(\$36). PINB bukanlah suatu register, namun pin-pin fisik pada *hardware* mikrokontroler. Pin ini hanya dapat dibaca.

Beberapa pin pada *port B* memiliki fungsi alternatif yang dapat digunakan sesuai kebutuhannya. Pin-pin tersebut adalah PB0, PB1, PB3, PB5, PB6 dan PB7.

Fungsi-fungsi alternatif tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.2 Fungsi alternatif *Port B*

Port Pin	Fungsi Alternatif
PB0	AIN0(<i>Analog Comparator Positive Input</i>)
PB1	AIN0(<i>Analog Comparator Negatif Input</i>)
PB3	OC1(<i>Timer/Counter1 Output Compare Match Output</i>)
PB5	MOSI(<i>Data Input Line for Memory Downloading</i>)
PB6	MISO(<i>Data Output Line for Memory Uploading</i>)
PB7	SCK (<i>Serial Clock Input for Memory Programming</i>)

b. *Port D*

Port D memiliki tiga buah lokasi memori yang berkaitan dengan penggunaannya sebagai *port I/O*. Memori-memori tersebut adalah:

- i. *PORTD (Data Direction)* berlokasi pada \$12.
- ii. *DDRD (Data Direction Register port D)* berlokasi pada \$11.
- iii. *PIND (PortD input pins)* berlokasi pada \$10. *PIND* bukanlah register, *PIND* hanya dapat dibaca.

Format *Port D* hampir sama dengan *Port B* dalam hal konfigurasi *I/O* dan dalam penggunaan resistor *pull-up*. Hal yang membedakan dengan *Port B* adalah jumlah pin yang bisa digunakan hanya 7 buah, karena sesuai dengan jumlah pin yang ada pada *Port D*. Pin-pin pada *Port D* juga memiliki fungsi alternatif lain. Fungsi-fungsi alternatif lain tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.3 Fungsi alternatif *Port D*.

Port Pin	Fungsi Alternatif
PD0	RXD (<i>Receive Data Input for the UART</i>)
PD1	TXD (<i>Transmit Data Output for the UART</i>)
PD2	INT0 (<i>External Interrupt 0 Input</i>)
PD3	INT1 (<i>External Interrupt 1 Input</i>)
PD4	T0 (<i>Timer/Counter External Input</i>)
PD5	T1 (<i>timer/Counter External Input</i>)
PD6	ICP (<i>Timer/Counter1 Capture Pin</i>)

2.2.6 Interupsi

Terdapat 10 jenis interupsi yang dapat ditangani oleh AT90S2313. Interupsi tersebut akan mengarahkan aliran program menuju vektor interupsi yang berada pada alamat \$01 hingga \$0A, telah digunakan untuk vektor reset, yaitu alamat yang akan dituju apabila terjadi salah satu kondisi dari tiga kondisi reset. Agar suatu interupsi dapat difungsikan, maka bit *peng-enable* interupsi yang bersangkutan harus di-*enable* bersama dengan bit-I dalam register SREG yang merupakan bit *peng-enable* interupsi secara global.

2.2.7 *Peripheral* AT90S2313

Peripheral utama pada AT90s2313 meliputi *Timer/Counter*, *WatchDog Timer*, EEPROM, *Analog Comparator*, dan UART. Untuk konfigurasi fungsi

peripheral-peripheral di atas, maka hal yang harus dilakukan adalah mengatur *setting* bit pada register kontrol yang bersangkutan.

AT90S2313 memiliki dua modul *Timer/Counter*, yaitu *Timer/Counter0* yang dinamakan TCNT0 dan *Timer/Counter1* yang dinamakan TCNT1L dan TCNT1H. Untuk mengatur kerja *Timer/Counter* perlu dilakukan *setting* terhadap bit-bit dalam register I/O.

Register-register yang berhubungan dengan penggunaan TCNT0 adalah TCCR0 (*Timer/Counter0 Control Register*), TIFR (*Timer/Counter0 Interrupt Flag Register*), dan TIMSK (*Timer/Counter0 Interrupt Mask Register*).

Register-register yang berhubungan dengan pengaturan *Timer/Counter1* adalah TCCR1B, TIFR dan TIMSK. *Timer/Counter1* juga mendukung fungsi *Output Compare* menggunakan register OCR1A

2.3 Mikrokontroler AVR ATmega8535

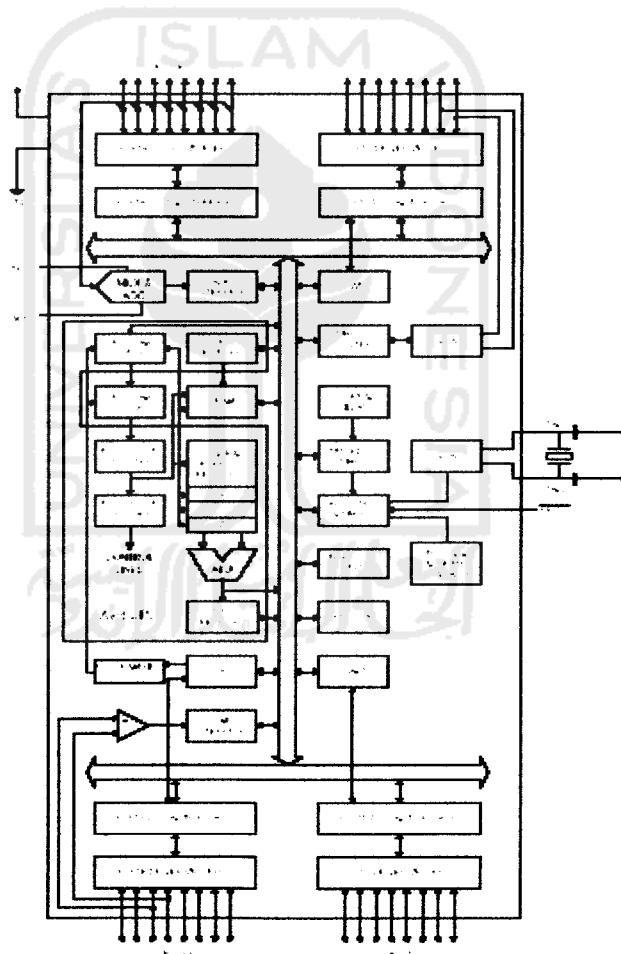
Mikrokontroler adalah suatu terobosan teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer, yang mana teknologi ini adalah teknologi semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak, namun hanya membutuhkan ruang yang kecil serta dapat diproduksi secara massal (dalam jumlah banyak) sehingga harganya menjadi lebih murah.

Mikrokontroler ini kemampuan digitalnya menirukan fungsi otak manusia, sehingga meliputi fungsi atau instruksi aritmatika (berhitung), logika (mempertimbangkan suatu kondisi), dan memori. Mikrokontroler ini berbeda halnya dengan mikroprosesor yang hanya pemrosesannya terdiri dari *Central*

Processing Unit (CPU) dan register-register, tanpa memori, tanpa I/O, dan *peripheral* yang dibutuhkan oleh suatu sistem supaya dapat bekerja.

2.3.1 Arsitektur Mikrokontroler AVR ATmega8535

Mikrokontroler ATmega8535 adalah sebuah mikrokontroler yang terdiri dari 8 bit dengan *low power* dan performa tinggi. Termasuk dalam mikrokontroler AVR yang memiliki arsitektur RISC 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*.



Gambar 2.6 Blok diagram fungsional ATmega8535

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa ATmega8535 memiliki bagian sebagai berikut:

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

2.3.2 Fitur ATmega8535

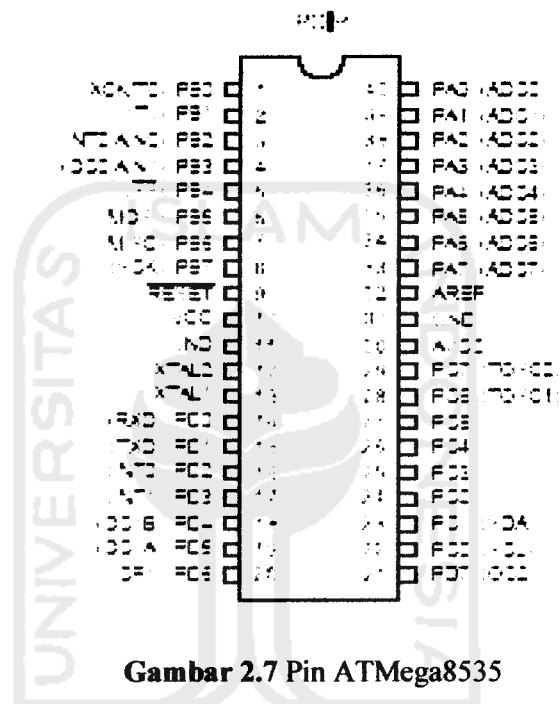
Kapabilitas detail dari ATmega8535 adalah sebagai berikut:

1. Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis *RISC* dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
2. Kapabilitas memori *flash* 8 KB, SRAM sebesar 512 *byte*, dan EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 512 *byte*.
3. ADC internal dengan fidelitas 10 bit sebanyak 8 *channel*.

4. Portal komunikasi serial (USART) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps.
5. Enam pilihan mode *sleep* menghemat penggunaan daya listrik.

2.3.3 Konfigurasi Pin ATmega8535

Konfigurasi pin ATmega8535 bisa dilihat pada Gambar 2.6 berikut ini.



Gambar 2.7 Pin ATmega8535

Dari gambar tersebut dapat dijelaskan secara fungsional konfigurasi pin ATmega8535 sebagai berikut:

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya.
2. GND merupakan pin *ground*.
3. Port A (PA0..PA7) merupakan pin I/O dua arah dan pin masukan ADC.
4. Port B (PB0..PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *Timer/Counter*, komparator analog dan SPI

5. *Port C* (PC0..PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog, dan *Timer Oscillator*.
6. *Port D* (PD0..PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal dan komunikasi serial.
7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock* eksternal.
9. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

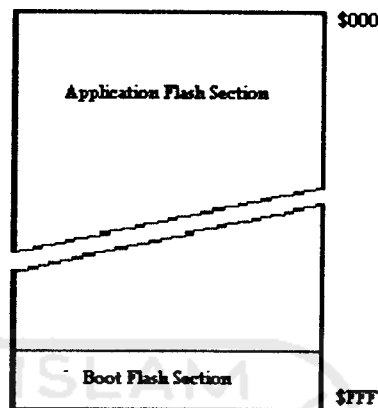
2.3.4 Peta Memori

AVR ATmega8535 memiliki ruang pengalamatan memori data dan memori program yang terpisah. Memori data terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 buah register umum, 64 buah register I/O dan 512 *byte* SRAM *Internal*.

Register keperluan umum menempati *space* data pada alamat terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sementara itu, register khusus untuk menangani I/O dan kontrol terhadap mikrokontroler menempati 64 alamat berikut, yaitu mulai dari \$20 hingga \$5F. Register tersebut merupakan register khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai peripheral mikrokontroler, seperti kontrol register, *timer/counter*, fungsi-fungsi I/O dan sebagainya.

Memori program yang terletak dalam *Flash* PEROM tersusun dalam *word* atau 2 *byte* karena setiap instruksi memiliki lebar 16-bit atau 32-bit. AVR ATmega8535 memiliki 4K *Byte* X16-bit *Flash* PEROM dengan alamat mulai dari

\$000 sampai \$FFF. AVR tersebut memiliki 12-bit *Program Counter* (PC) sehingga mampu mengamati isi *Flash*.



Gambar 2.8 Memori ATmega8535

Selain itu, AVR ATmega8535 juga memiliki memori data berupa EEPROM 8-bit sebanyak 512 *byte*. Alamat EEPROM dimulai dari \$000 sampai \$1FF.

2.4 Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan adalah BORLAND DELPHI 7. Delphi merupakan pemrograman terstruktur yang berbasis pada obyek Pascal dari Borland, bekerja pada ruang lingkup sistem operasi *Window*. Struktur bahasanya dengan bahasa objek pascal ini sangat mendukung untuk pemrograman OOP (*Object-Oriented Programing*), maksudnya perluasan atas pemrograman terstruktur yang mengutamakan pemakaian-ulang dan enkapsulasi data (kombinasi data dan fungsi-fungsi ke dalam sebuah unit tunggal) berdasarkan fungsinya, Delphi juga mempunyai fungsi untuk memberikan fasilitas pembuatan

aplikasi visual, sehingga meningkatkan produktivitas dalam pembuatan program yang meliputi kualitas pengembangan visual, kecepatan kompilasi, kekuatan bahasa pemrograman, fleksibilitas terhadap arsitektur basis data, dan pola desain dan pemakaian yang diwujudkan oleh *framework*-nya. Tugas akhir ini menggunakan Delphi versi 7.0.

IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan lingkungan tempat semua *tools* yang diperlukan untuk desain, menjalankan, dan mencoba aplikasi yang disajikan dan terhubung dengan baik, sehingga memudahkan pengembangan program. IDE ini akan muncul pertama kali saat membuka atau akan menjalankan program Delphi, IDE terdiri atas *main window*, *component palette*, *toolbar*, *object inspector*, *form designer*, *code editor*, dan *code explorer*, sedangkan tampilan IDE seperti berikut.

Main Window (jendela utama) mempunyai tiga bagian yaitu menu utama, *toolbar*, dan *component palette*. Menu utama merupakan bagian yang digunakan untuk mendukung jalannya pembuatan program atau aplikasi, meliputi *file*, *edit search*, *view*, *project*, *run*, *component*, *database*, *tools*, *help*. Bagian menu utama tersebut mengandung perintah-perintah yang akan digunakan untuk mendukung pembuatan program atau aplikasi tersebut walaupun di dalamnya ada sebagian yang sudah ditampilkan dalam *toolbar* atau *speedbar*. *Toobar* merupakan bagian menu utama yang dibuat dalam bentuk *icon* dengan tujuan untuk pemanfaatan perintah dengan cepat tanpa harus membuka menu utama, sehingga lebih mempermudah dan mempercepat dalam membuat aplikasi atau program. *Component palette* merupakan *toolbar* yang berisi *page control* dengan semua

komponen tersebut yang digunakan untuk membantu dalam penghubung antara program dengan aplikasi yang diinginkan atau sebagai *interfacenya*.

Form designer merupakan jendela yang digunakan untuk membuat aplikasi atau meletakkan komponen yang akan digunakan dalam aplikasi. Penggunaan sebagai berikut dengan cara memilih komponen dari *component palette* dan meletakkan ke dalam *form*, setelah di dalam *form* maka komponen tersebut dapat diatur posisinya atau ukuran dengan *mouse*, serta dapat mengubah tampilan dan perilaku komponen dengan menggunakan *object inspector* dan *code editor*.

Object inspector terdiri atas dua bagian, yaitu bagian *tab properties* yang berfungsi untuk membuat atau *property* yang dimiliki oleh suatu *item* sesuai dengan yang diinginkan. Bagian *tab events* berisi tentang *event* yang dapat direspon oleh suatu obyek dalam *form*. Jadi setiap obyek yang sudah ada dalam *form* dapat diatur dengan menggunakan *tab properties* serta dapat diperlakukan sesuai dengan keinginan melalui *tab events*.

Code editor merupakan jendela penyunting yang digunakan untuk menuliskan program Delphi. Editor Delphi mempunyai fasilitas *highlight* untuk memudahkan menemukan kesalahan, fasilitas kerangka program sehingga dalam membuat program tidak perlu menuliskan program seluruhnya. Nama *file* yang sedang disunting terdapat dalam *title bar*. Menu lokal dari *code editor* menyediakan berbagai *option* untuk mempermudah dalam menuliskan program.

Code explorer digunakan untuk mempermudah melakukan navigasi terhadap *file unit*. *Code explorer* berisi pohon yang menampilkan semua *type*, *class*, *property*, *method*, *variable global* dan *rutin global* yang didefinisikan dalam unit serta menampilkan semua unit yang ada di *clausa uses*.

2.5 Universal Serial Bus (USB)

Universal Serial Bus (USB) : Sebuah bus I/O (*input/output*) yang dapat mentransfer data hingga 12 megabit per detik. USB versi 2.0 yang baru saja dikeluarkan mampu memberikan tingkat kinerja dan kecepatan yang sebanding dengan bus kecepatan-tinggi semacam IEEE 1394. Beberapa hal yang perlu diketahui tentang USB:

1. Lebih cepat dibanding *port* paralel atau serial dengan kecepatan transfer hingga 12 mbps.
2. Dapat mengkoneksikan hingga 127 periperal.
3. Diterima secara luas.
4. Tidak cocok untuk periperal dengan *bandwith* tinggi.
5. Membutuhkan Windows 98 ke atas untuk kompatibilitas secara penuh.

Transfer data pada USB dikirim dalam bentuk paket, sementara *port* paralel dan serial mentransfernya dalam bentuk bit individual. Sebagai contoh, bila ingin menyimpan sebuah *file* pada sebuah *drive Zip* USB, pertama-tama PC akan memotong-motong *file* tersebut menjadi potongan-potongan sebesar 64 *byte* setiap potongan menyertakan informasi pengalamatan dan data itu sendiri dan kemudian mengirimkan potongan tersebut ke *port* USB. Kecepatan transfer USB

melampaui kecepatan transfer *port* paralel dan serial karena telah menyempurnakan proses transfer tersebut. Kabel USB mengurangi derau dan distorsi selama data dikirim, sehingga data dapat diterima dengan sedikit kesalahan

2.5.1 USB *Function*

Suatu piranti USB dapat dikatakan sebagai sebuah alat *transceiver* (pengirim sekaligus penerima), baik *host* maupun peralatan USB itu sendiri. Sebuah istilah baru diperkenalkan, yakni USB *function* yang maksudnya adalah peralatan USB yang memiliki kemampuan khusus seperti *printer*, *scanner*, modem, dan perangkat lainnya..

Penerapan koneksi USB terhadap alat lain (*device*) saat ini dipecahkan dengan 2 (dua) jalan, yaitu:

1. Menggunakan mikrokontroler untuk alat (*device*) yang mempunyai *port* USB. Adalah penting untuk mengetahui bagaimana cara kerja USB dan menulis *firmware* ke dalam mikrokontroler secara tepat. Sebagai tambahan, penting juga untuk menginstall *driver* pada komputer (selama sistem operasi tidak termasuk dalam kelas USB standart). Kerugian utama pada pabrik-pabrik kecil dan amatir adalah kurang tersedianya jenis mikrokontroller dan tingginya harga mikrokontroler tersebut dibandingkan dengan mikrokontroler RS232.
2. Menggunakan konverter universal antara USB dan *interface* lainnya. *Interface* lainnya ini dapat berupa RS232, data *bus* 8 bit atau *bus* TWI.

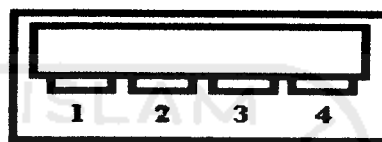
Dalam kasus ini, tidak diperlukan *firmware* yang khusus, dan tidak harus mengetahui cara kerja USB karena *vendor* dari *converter* akan menawarkan *driver* khusus untuk solusi menyeluruh. Kerugiannya adalah harga yang lebih tinggi untuk sebuah sistem.

Oleh karena itu solusi yang dibutuhkan adalah menerapkan USB ke dalam sebuah mikrokontroler yang lebih murah dengan penyamaan protokol USB ke dalam sebuah *firmware* mikrokontroler. Kendala utama dari rancangan ini adalah mendapatkan kecepatan yang cukup. Kecepatan USB berbeda-beda, yaitu: kecepatan rendah (1.5 Mbit/s), kecepatan penuh (12Mbit/s), kecepatan tinggi (480 Mbit/s). Kecepatan maksimal dari mikrokontroler juga terbatas, yakni : AT89C2051 – 2 MIPS = 24 MHz/ (12 siklus/inst), PIC16f84 – 5 MIPS = 20 MHz/ (4 siklus/inst), AT90S23x3 – 10 MIPS = 10 MHz/ (1 siklus/inst). Ada beberapa mikrokontroler dengan kecepatan yang lebih tinggi, namun dengan kecepatan itu cenderung membuat mikrokontroler jarang tersedia dan harganya relatif mahal, ukurannya juga lebih besar. Karena alasan-alasan tersebut, maka AT90S1200/AT90S23x3 mewakili mikrokontroler yang paling murah dan setara dengan USB kecepatan rendah, tetapi mikrokontroler ini tidak sesuai untuk USB dengan kecepatan yang lebih tinggi.

2.5.2 Prinsip Kerja USB

Secara fisik USB *interface* mempunyai 4 kabel; 2 kabel untuk *power* dari *hardware* / alat lain (Vcc dan GND) dan 2 kabel lainnya untuk sinyal (DATA+ dan DATA-). Kabel *power* memberikan tegangan sekitar 5 volt dan maksimal 500mA. Alat mendapat suplai tegangan dari Vcc dan GND. Kabel sinyal diberi

name DATA+ dan DATA- berperan untuk mengatur komunikasi antara komputer (*host*) dengan alat yang terhubung (*device*). Sinyal dari kabel-kabel ini bersifat dua arah. Level tegangan berbeda ketika DATA+ pada level tinggi, sedangkan DATA- pada level yang rendah, tetapi ada beberapa saatnya dimana DATA+ dan DATA- berada pada level yang sama (*EOP-status idle*). Bentuk diagram dari USB adalah sebagai berikut:



Gambar 2.9 Diagram konektor USB

Semua jenis konektor USB dihubungkan dengan 4 kabel berikut:

Tabel 2.4 Pengkabelan USB

Nomor Pin	Warna Kabel	Fungsi
1	Merah	V_{BUS} (5 volt)
2	Putih	D-
3	Hijau	D+
4	Hitam	<i>ground</i>

2.5.3 Karakteristik Elektrik USB

Rentang tegangan sinyal USB adalah 0,3 volt hingga 3,6 volt (pada beban 1,5 k Ω). Logika tinggi didapat jika tegangan sudah melebihi 2,8 volt terhadap

GND pada beban diferensial “1” dikirim dengan menarik D+ hingga lebih besar dari 2,8 volt dengan sebuah resistor $15\text{k}\Omega$ terhubung ke GND dan sekaligus menarik D- hingga dibawah 0,3 volt dengan sebuah resistor $1,5\text{k}\Omega$ terhubung ke 3,6 volt. Hal yang sama diferensial “0” adalah D- lebih besar dari 2,8 volt dan D+ lebih rendah dari 0,3 volt dengan resistor *pull-up* dan *pull-down* yang sama. Di bagian penerima, diferensial “1” didefinisikan sebagai D+ lebih besar 200mV dari D-, dan diferensial “0” berarti D+ lebih kecil dari 2000mV dibanding D-. Pada USB kecepatan tinggi (480 Mbits/s) digunakan sumber arus tetap 17,78 mA untuk mengurangi *noise*.

