

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sensor

sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik. Contoh; Camera sebagai sensor penglihatan, telinga sebagai sensor pendengaran, kulit sebagai sensor peraba, LDR (*light dependent resistance*) sebagai sensor cahaya, dan lainnya. (William D.C, (1993))

Untuk sistem kontrol si pembuat harus memastikan parameter apa yang dibutuhkan untuk dimonitor sebagai contoh : posisi, temperatur, dan tekanan. Kemudian tentukan sensor dan rangkaian data interface untuk melakukan pekerjaan ini. Sebagai contoh : kita ingin mendeteksi suatu letak api berdasarkan prinsip pengukuran suhu radiasi inframerah. Kebanyakan sensor bekerja dengan mengubah beberapa parameter fisik seperti suhu temperatur ke dalam sinyal listrik. Ini sebabnya mengapa sensor juga dikenal sebagai transduser yaitu suatu peralatan yang mengubah energi dari suatu bentuk ke bentuk yang lain.

2.1.1 Klasifikasi Sensor

Berdasarkan parameter-parameternya sensor dapat dibagi menjadi :

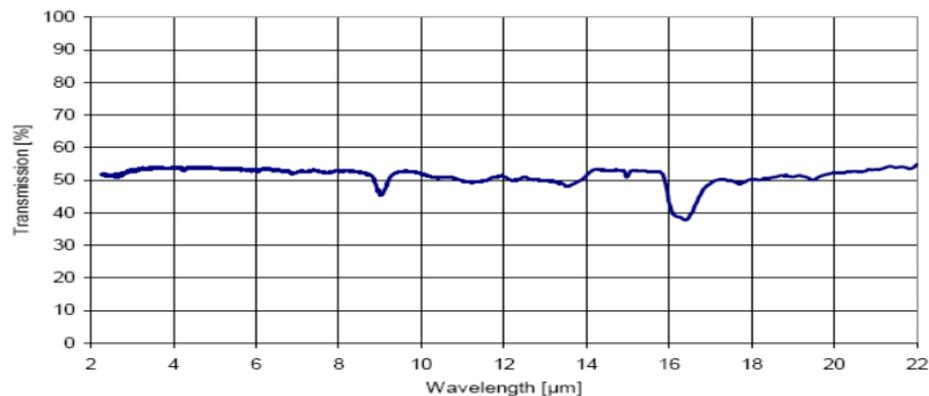
2.1.1.1 Sensor *thermal* (panas)

Sensor *thermal* adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan panas/*temperature*/suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu. Contoh : *bimetal, termistor, termokopel, termopile, RTD.*

a. Sensor Thermopile

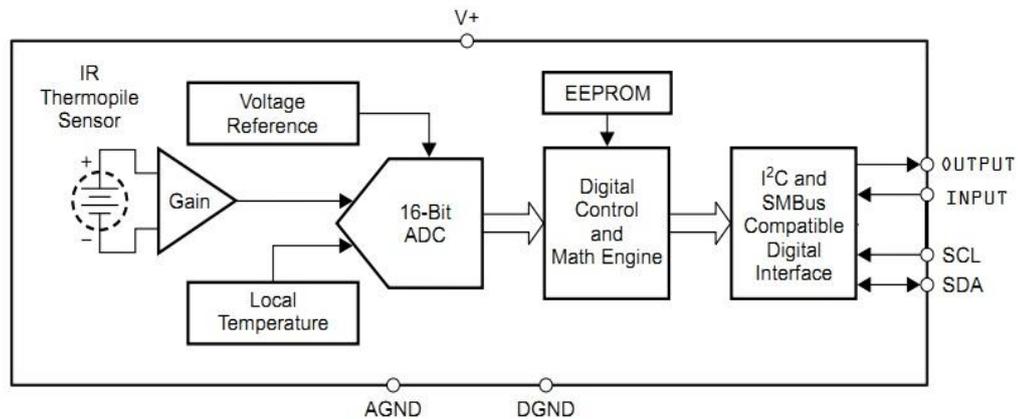
Sensor suhu *thermopile* adalah salah satu jenis detektor suhu pasif infrared. Karakteristik dari sensor ini adalah mengukur suhu berdasarkan prinsip pengukuran suhu radiasi inframerah. Infra merah merupakan sinar elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang lebih dari cahaya yang

terlihat, yakni antara 700 nm dan 1 mm. Sinar infrared adalah cahaya yang tidak terlihat atau tak tertangkap mata. Apabila dilihat dengan menggunakan spektroskop cahaya maka radiasi dari sinar infrared akan terlihat pada spektrum elektromagnet dengan panjang gelombang yang berada di atas panjang gelombang cahaya merah. Dengan adanya panjang gelombang ini menyebabkan sinar infrared tidak tertangkap mata, tetapi radiasi dari panas yang ditimbulkan masih dapat terdeteksi. Respon terhadap sinar infra merah dapat dilihat pada diagram gambar 2.1 berikut :



Gambar 2.1 Respon Sensor Thermopile

Thermopile tidak menanggapi suhu mutlak (tetap), tetapi menghasilkan output tegangan sebanding dengan perbedaan suhu ruangan, yang kemudian disimpan ke dalam register masing-masing. Memiliki memori EEPROM yang gunanya dapat menyimpan data dan dapat dihapus dengan menggunakan perintah elektrik. Untuk jalur komunikasi antara sensor thermopile dengan mikrokontroler, menggunakan SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I²C dengan pengontrolnya. Pin ini memerlukan resistor pull-up sebesar 1K5Ω dengan tegangan sebesar 5 VDC. Secara umum arsitektur sensor thermopile dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Diagram Blok Sensor Thermopile

Thermopile digunakan untuk memberikan output dalam menanggapi suhu sebagai bagian dari perangkat suhu pengukuran, seperti termometer inframerah banyak digunakan oleh profesional medis untuk mengukur suhu tubuh. Sensor *thermopile* memiliki tegangan kerja 4,8V- 5,4VDC. Data yang dihasilkan dari sensor thermopile berupa data biner 8 bit dari masing-masing pixel sensor yang merupakan data suhu yang terukur. Misalkan pada salah satu sensor mendeteksi suhu sebesar 48°C, maka data yang dihasilkan pada sensor tersebut adalah 48 (30H). Sensor thermopile memiliki 10 register yang dapat diakses dengan menggunakan protokol I2C. Data suhu dari tiap-tiap pixel sensor terdapat pada register-register dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Sensor *Thermopile*

Register	Read	Write
0	Software Revision	Command Register
1	Ambient Temperature °C	Servo Range (V6 or higher only)
2	Pixel 1 Temperature °C	N/A
3	Pixel 2	N/A
4	Pixel 3	N/A
5	Pixel 4	N/A
6	Pixel 5	N/A
7	Pixel 6	N/A
8	Pixel 7	N/A
9	Pixel 8	N/A

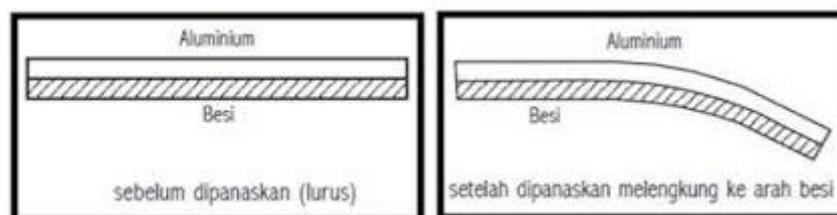
Sensor *thermopile* dapat membaca data register dengan mengirimkan nilai alamat register yang diinginkan dengan alamat register 0x02-0x09 untuk data sensor pixel 1-pixel 8. Untuk sistem komunikasi I2C data yang terbaca pada register-register yang menyimpan data sensor tiap pixel adalah data 8 bit yang mempresentasikan nilai suhu yang terukur.

Kelebihan *thermopile* terhadap sensor temperature lainnya:

- Akurasinya lebih tinggi karena range suhu yang diukur $0^{\circ}\text{C} - 225^{\circ}\text{C}$, dengan akurasi sensor *thermopile* $\pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Sensor tidak perlu kontak langsung dengan obyek yang diukur.
- Visibilitas sensor *thermopile* $41^{\circ} \times 6^{\circ}$.
- Mampu mendeteksi api sebuah lilin atau panas di dalam ruangan bersuhu 20°C pada jarak maksimum 2 m dari mata sensor.
- Membutuhkan catu daya catu daya 4,8V - 5,4V DC, sehingga dapat langsung dihubungkan dengan supply mikrokontroler.

b. Sensor *Bimetal*

Bimetal adalah dua keping logam yang angka muainya berbeda kemudian dijadikan satu. Bimetal yang dipanaskan akan melengkung ke arah logam yang angka muainya kecil. Demikian juga kalau didinginkan, bimetal akan melengkung ke arah logam yang angka muainya besar seperti pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Sensor Bimetal

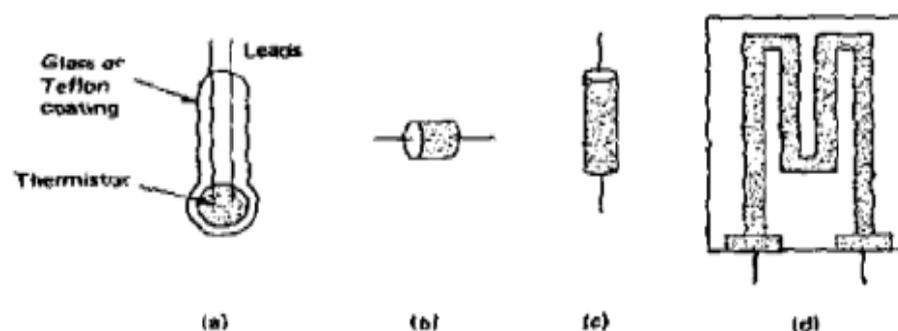
(Sumber: ([Http://Robby.C.Staff.Gunadarma.Ac.Id/](http://Robby.C.Staff.Gunadarma.Ac.Id/)))

Termometer bimetal mekanik adalah sebuah termometer yang terbuat dari dua buah kepingan logam yang memiliki koefisien muai berbeda yang dipelat menjadi satu. Keping bimetal sengaja dibuat memiliki dua buah keping logam

karena kepingan ini dapat melengkung jika terjadi perubahan suhu. Prinsipnya, apabila suhu berubah menjadi tinggi, keping bimetal akan melengkung ke arah logam yang koefisien muainya lebih rendah, sedangkan jika suhu menjadi rendah, keping bimetal akan melengkung ke arah logam yang koefisien muainya lebih tinggi. Logam dengan koefisien muai lebih besar (tinggi) akan lebih cepat memanjang sehingga kepingan akan membengkok (melengkung) sebab logam yang satunya lagi tidak ikut memanjang. Biasanya keping bimetal ini terbuat dari logam yang koefisien muainya jauh berbeda, seperti besi dan tembaga.

c. Sensor *termistor*

Sensor *termistor* adalah suatu jenis resistor yang sensitive terhadap adanya perubahan suhu. Prinsip sensor termistor adalah memberikan perubahan resistansi yang sebanding dengan perubahan suhu. Perubahan resistansi yang besar terhadap perubahan suhu yang relatif kecil. Termistor yang dibentuk dari bahan oksida logam campuran (*sintering mixture*), kromium, besi, kobalt, tembaga, atau nikel, berpengaruh terhadap karakteristik termistor, sehingga pemilihan bahan oksida tersebut harus dengan perbandingan tertentu.



Gambar 2.4 Konfigurasi termistor
(Sumber: ([Http://Robby.C.Staff.Gunadarma.Ac.Id/](http://Robby.C.Staff.Gunadarma.Ac.Id/)))

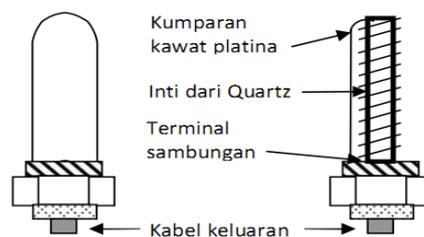
Dimana termistor merupakan salah satu jenis sensor suhu yang mempunyai koefisien temperatur yang tinggi. Komponen dalam thermistor ini dapat mengubah nilai resistansi karena adanya perubahan temperatur. Dengan demikian dapat mengubah energi panas menjadi energi listrik. Termistor dapat dibentuk dalam bentuk yang berbeda-

beda, bergantung pada lingkungan yang akan dicatat suhunya. Lingkungan ini termasuk kelembaban udara, cairan, permukaan padatan, dan radiasi dari gambar dua dimensi.

Termistor dapat dibedakan dalam 2 jenis, yaitu termistor yang mempunyai koefisien negatif, disebut NTC (*Negative Temperature Coefisient*). Termistor yang mempunyai koefisien positif yang disebut PTC (*Positive Temperature Coefisient*). Kedua jenis termistor ini mempunyai fungsinya masing-masing, tetapi di pasaran, yang lebih banyak digunakan adalah termistor NTC. Karena termistor NTC material penyusunnya yaitu metal oksida, dimana harganya lebih murah dari material penyusun PTC yaitu Kristal tunggal.

d. Sensor RTD

Resistance Thermal Detector (RTD) atau dikenal dengan *Detektor Temperatur Tahanan* adalah sebuah alat yang digunakan untuk menentukan nilai atau besaran suatu temperatur/suhu dengan menggunakan elemen sensitif dari kawat platina, tembaga, atau nikel murni, yang memberikan nilai tahanan yang terbatas untuk masing-masing temperatur di dalam kisaran suhunya. *Resistance Thermal Detector* merupakan sensor pasif, karena sensor ini membutuhkan energi dari luar. Elemen yang umum digunakan pada tahanan resistansi adalah kawat nikel, tembaga, dan platina murni yang dipasang dalam sebuah tabung guna untuk memproteksi terhadap kerusakan mekanis seperti yang ada pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 konstruksi RTD

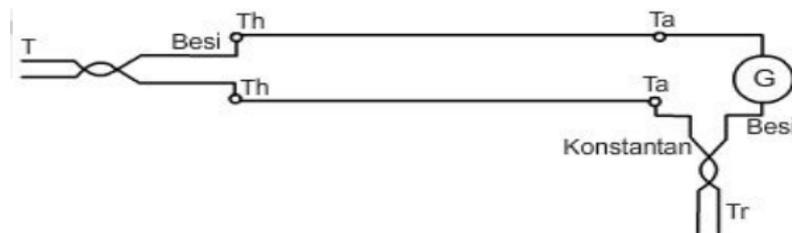
Sumber: ([Http://Robby.C.Staff.Gunadarma.Ac.Id/](http://Robby.C.Staff.Gunadarma.Ac.Id/))

Prinsip kerja dari RTD ini adalah, ketika RTD menerima panas maka panas tersebut akan dikonversikan oleh RTD ke dalam bentuk besaran listrik yaitu tahanan. Panas yang dihasilkan berbanding lurus dengan tahanan dari jenis elemen

logam platina yang ada pada sensor RTD, kemudian bentuk tahanan tersebut diterima oleh Transduser kemudian transduser merubahnya menjadi sinyal fisis dan mengirimnya ke TRC.

e. Sensor *Termokopel*

Termokopel adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik (voltase). *Termokopel* yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup antara -200°C sampai 1800°C dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1°C . Prinsip kerja *termokopel* secara sederhana berupa dua buah kabel dari jenis logam yang berbeda ujungnya, hanya ujungnya saja, disatukan (dilas). Titik penyatuan ini disebut *hot junction*, seperti yang ada pada gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 Sensor Termokopel
(Sumber: ([Http://e-dukasi.net/](http://e-dukasi.net/)))

Prinsip kerjanya memanfaatkan karakteristik hubungan antara tegangan (volt) dengan temperatur. Setiap jenis logam, pada temperatur tertentu memiliki tegangan tertentu pula. Pada temperatur yang sama, logam A memiliki tegangan yang berbeda dengan logam B, terjadilah perbedaan tegangan (kecil sekali, miliVolt) yang dapat dideteksi. Jika sebuah batang logam dipanaskan pada salah satu ujungnya maka pada ujung tersebut elektron-elektron dalam logam akan bergerak semakin aktif dan akan menempati ruang yang semakin luas, elektron-elektron saling desak dan bergerak ke arah ujung batang yang tidak dipanaskan.

Dengan demikian pada ujung batang yang dipanaskan akan terjadi muatan positif. Kerapatan electron untuk setiap bahan logam berbeda tergantung dari jenis

logam. Jika dua batang logam disatukan salah satu ujungnya, dan kemudian dipanaskan, maka elektron dari batang logam yang memiliki kepadatan tinggi akan bergerak ke batang yang kepadatan elektronnya rendah, dengan demikian terjadilah perbedaan tegangan diantara ujung kedua batang logam yang tidak disatukan atau dipanaskan. Besarnya termolistrik atau gem (gaya electromagnet) mengalir dari titik *hot-junction* ke *cold-junction* atau sebaliknya. Setelah terdeteksi perbedaan tegangan (volt).

Beda tegangan ini linear dengan perubahan arus, sehingga nilai arus ini bisa dikonversi kedalam bentuk tampilan display. Sebelum dikonversi, nilai arus di komparasi dengan nilai acuan dan nilai *offset* di bagian komparator, fungsinya untuk menerjemahkan setiap satuan amper ke dalam satuan volt kemudian dijadikan besaran temperatur yang ditampilkan melalui *layar/monitor* berupa *seven segmen* yang menunjukkan temperatur yang dideteksi oleh termokopel.

2.1.1.2 Sensor mekanis

Sensor mekanis adalah sensor yang mendeteksi perubahan gerak mekanis, seperti perpindahan atau pergeseran atau posisi, gerak lurus dan melingkar, tekanan, aliran, level. Contoh : *strain gage, linear variable deferential transformer (LVDT), proximity, potensiometer, load cell, bourdon tube*.

2.1.1.3 Sensor optic (cahaya)

Sensor *optic* atau cahaya adalah sensor yang mendeteksi perubahan cahaya dari sumber cahaya, pantulan cahaya ataupun bias cahaya yang mengenai benda atau ruangan. Contoh : *photo cell, photo transistor, photo diode, photo voltaic, photo multiplier, pyrometer optic*.

2.2 Mikrokontroler

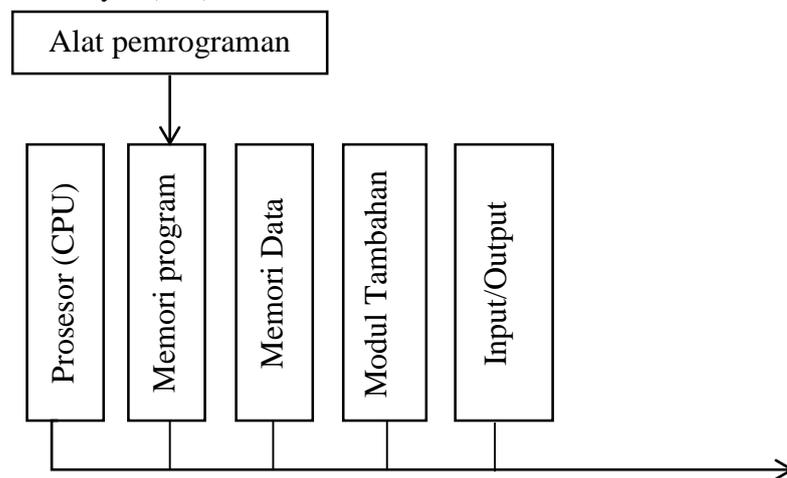
Mikrokontroler adalah sebuah alat pengendali (kontroler) berukuran mikro atau sangat kecil yang dikemas dalam bentuk chip. Sebuah mikrokontroler pada dasarnya bekerja seperti sebuah mikroprosesor pada komputer. Keduanya memiliki sebuah CPU yang menjalankan instruksi program, melakukan logika dasar, dan pemindahan data. Namun agar dapat digunakan, sebuah mikroprosesor

memerlukan tambahan komponen seperti, memori untuk menyimpan program dan data, juga *interface input-output* untuk berhubungan dengan dunia luar.

Sebuah mikrokontroler telah memiliki memori dan *interface input-output* di dalamnya, bahkan beberapa mikrokontroler memiliki unit ADC yang dapat menerima masukan sinyal analog secara langsung. Karena berukuran kecil, murah, dan menyerap daya yang rendah, mikrokontroler merupakan alat yang tepat untuk ditanamkan pada berbagai peralatan. (*Dian Artanto, 2009 : 9-11*)

2.2.1 Bagian-bagian mikrokontroler

Sebuah mikrokontroler umumnya memiliki komponen dasar seperti pada gambar 2.7 Jalur Sinyal (bus) Mikrokontroler berikut :



Gambar 2.7 Jalur Sinyal (bus) Mikrokontroler

Keterangan masing-masing bagian sebagai berikut:

1. Prosesor/CPU

Prosesor melakukan fungsi logika dan aritmatika mengikuti intruksi yang dibaca dari memori data dan ke modul input/output.

2. Memori program

Memori program menyimpan intruksi untuk dibaca oleh prosesor. Prosesor hanya dapat membaca, tetapi tidak bisa menuliskan datanya ke memori program. Hanya alat pemrograman yang dapat menuliskan datanya ke memori. Data dalam memori ini tetap tersimpan sekalipun listrik mati.

3. Memori Data

Memori data menyimpan data dan variabel yang digunakan oleh prosesor. Prosesor dapat membaca dan menuliskan datanya ke memori data. Data dalam memori akan hilang bila tidak mendapat daya listrik.

4. Alat pemrograman

Alat yang digunakan untuk memasukkan instruksi atau program ke dalam memori program mikrokontroler.

5. Input/Output

Input/Output bekerja untuk menghubungkan mikrokontroler dengan piranti luar yang ditempatkan pada kaki-kaki mikrokontroler.

6. Modul tambahan

Berbagai fungsi tambahan disediakan oleh mikrokontroler seperti, counter/timer, ADC, comparator, PWM, I2C, SPI, dan lain-lain.

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

- a. Keluarga MCS-51 seperti, mikrokontroler 8051, 8751, 8031, 8052.
- b. Keluarga MC68HC05 seperti, motorola.
- c. Keluarga MC68HC11 seperti, motorola.

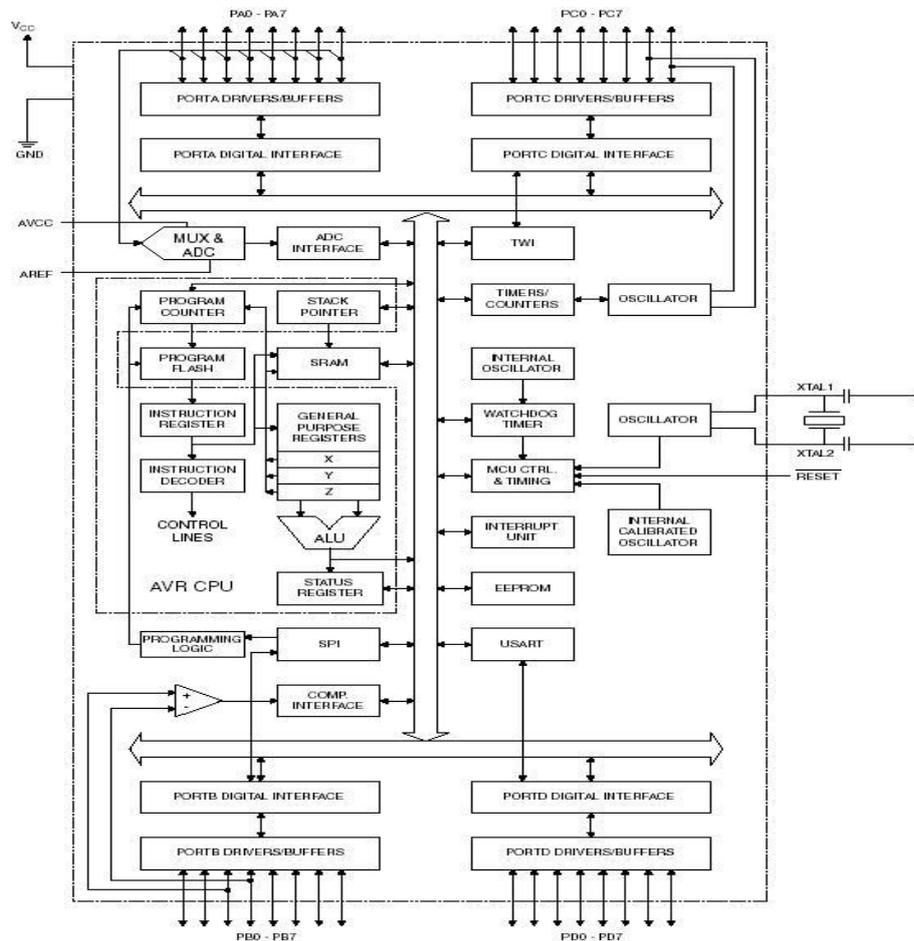
Keluarga AVR seperti, mikrokontroler atmel (AT89C51, AT89C52, AT89C55WD, AT89C1051, AT89C2051, AT89C4051) dan mikrokontroler AVR (ATMEGA 8, ATMEGA 16, ATMEGA 32, ATMEGA 128, ATMEGA 162, ATMEGA 8535) (*Didin Wahyudin, 2007 : 3-4*)

2.2.2 Mikrokontroler AVR

Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC 8 Bit, sehingga semua intruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bit word) dan sebagian besar intruksi dieksekusi dalam satu siklus intruksi clock. Dan ini sangat membedakan sekali dengan intruksi MCS-51 (Berarsitektur CISC) yang membutuhkan siklus 12 clock. RISC adalah *Reduced Instruction Set Computing* sedangkan CISC adalah *Complex Instruction Set Computing*.

2.2.3 Arsitektur Atmega 8535

Secara umum arsitektur mikrokontroler Atmega8535 dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut:



Gambar 2.8 Diagram Blok ATmega 8535

2.2.4 Spesifikasi Atmega8535

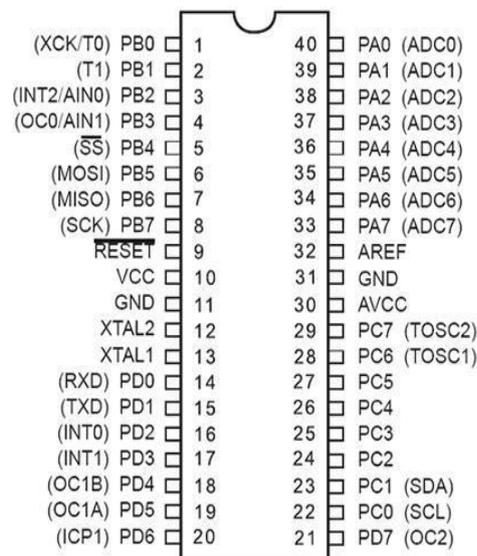
Spesifikasi sebuah mikrokontroler Atmega8535 adalah seperti berikut:

1. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu port A, port B, port C, dan port D.
2. Kecepatan maksimal 16 MHz
3. ADC (*Analog to Digital Converter*) 10 bit sebanyak 8 channel
4. Tiga buah *Timer/counter* dengan kemampuan membandingkan
5. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
6. *Watchdog Timer* dengan *isolator internal*
7. SRAM sebesar 512 byte.

8. *Memori Flash* sebesar 8Kb dengan kemampuan *Read While Write*.
9. Unit *interupsi internal* dan *eksternal*.
10. Port antarmuka SPI.
11. EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi.
12. Antarmuka komparator analog.
13. Port USART untuk komunikasi serial.

2.2.5 Konfigurasi Pin Atmega8535

Konfigurasi dan Deskripsi kaki-kaki mikrokomputer Atmega8535 dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut:



Gambar 2.9 Konfigurasi Kaki Mikrokomputer ATmega8535

(sumber: <http://green-elektronik.blogspot.com/2010/08/mikrokontroler-avr-atmega8535.html>)

2.2.6 Fungsi Masing-Masing Pin

Adapun fungsi dari masing-masing pin pada mikrokontroler Atmega8535 adalah sebagai berikut :

1. VCC Berfungsi sebagai sumber tegangan +5V.
2. GND` Berfungsi sebagai pertanahan atau grounding.
3. PORT A (PORTA0-7) Port A merupakan I/O dua arah dan memiliki fungsi khusus sebagai pin masukan ADC.

4. PORT B (PORTB0-7) Port B merupakan pin I/O dua arah dan memiliki fungsi khusus sebagai pin *Timer/Counter*, komparator dan SPI.
5. PORT C (PORTC0-7) Port C merupakan pin I/O dua arah dan memiliki fungsi khusus, yaitu TWI, *komparator analog*, dan *Timer Osilator*.
6. PORT D (PORTD0-7) Port D merupakan pin I/O dua arah dan memiliki fungsi khusus, yaitu *komparator analog*, *interupsi eksternal* dan komunikasi serial.
7. RESET Merupakan pin yang digunakan untuk me-reset Mikrokontroler.
8. XTAL 1 dan XTAL 2 Sebagai pin masukan *clock eksternal*. Suatu mikrokontroler membutuhkan sumber detak (*clock*) agar dapat mengeksekusi intruksi yang ada di memori. Semakin tinggi nilai kristalnya, maka semakin cepat mikrokontroler tersebut.
9. AVCC Sebagai pin masukan tegangan untuk ADC.
10. AREF Sebagai pin masukan untuk tegangan referensi eksternal ADC.

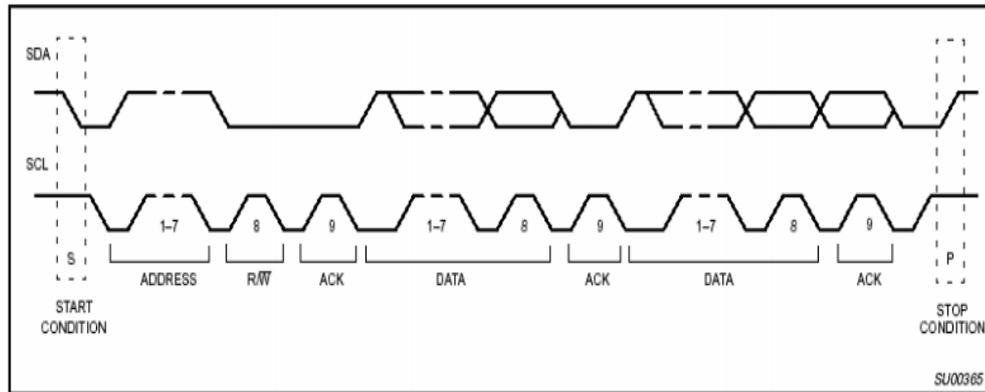
2.2.7 Komunikasi Serial antar IC (I2C/ TWI)

I2C singkatan dari *Inter Integrated Circuit*, adalah sebuah protokol untuk komunikasi serial antar IC, dan sering disebut juga *Two Wire Interface* (TWI). Bus yang digunakan untuk komunikasi antara mikrokontroler dan *divais perifer* seperti memori, *sensor temperature* dan *I/O expander*.

2.2.7.1 Prinsip Komunikasi I2C

Komunikasi dilakukan melalui dua jalur: SDA (serial data) dan SCL (serial clock). Setiap divais I2C memiliki 7-bit alamat yang unik. MSB adalah fix dan ditujukan untuk kategori divais. Sebagai contoh, 1010 biner ditujukan untuk serial EEPROM. Tiga bit berikutnya memungkinkan 8 kombinasi alamat I2C, yang berarti dimungkinkan 8 divais dengan tipe yang sama, beroperasi pada bus I2C yang sama. Pengiriman data hanya dapat dimulai ketika saluran tidak sibuk, ditandai dengan kondisi *high* yang cukup lama pada pin SCL maupun SDA. Selama pengiriman data, saluran data (SDA) harus dalam keadaan stabil ketika saluran clock (SCL) dalam keadaan *high*. Perubahan

kondisi SDA pada saat SCL *high* akan dianggap sebagai sinyal-sinyal kendali, berikut merupakan timing diagram dari I2C pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Timing* diagram dari I2C

2.2.7.2 Aturan Komunikasi I2C

1. I2C adalah protokol transfer data serial. *Device* atau komponen yang mengirim data disebut *transmitter*, sedangkan *device* yang menerimanya disebut *receiver*.
2. *Device* yang mengendalikan operasi transfer data disebut master, sedangkan *device* lainnya yang dikendalikan oleh master disebut *slave*.
3. *Master device* harus menghasilkan serial clock melalui pin SCL, mengendalikan akses ke BUS serial dan menghasilkan sinyal kendali START dan STOP.

2.2.7.3 Defenisi-defenisi Kondisi Bus

Berikut ini adalah defenisi kondisi bus pada sistem komunikasi serial I2C/ TWI:

1. Mulai transfer data (*start data transfer*): ditandai dengan perubahan kondisi SDA dari HIGH ke LOW ketika SCL dalam kondisi HIGH.
2. *Data valid*: menyatakan pada saat ini bus data valid yaitu pada saat jalur clock (SCL) dan jalur data (SDA) dua-duanya dalam keadaan HIGH.
3. Stop transfer data (*stop data transfer*): ditandai dengan perubahan kondisi SDA dari LOW ke HIGH ketika SCL dalam kondisi HIGH.

4. *Change of data allowed* : Keadaan perubahan “1” atau “0” pada SDA hanya dapat dilakukan selama SCL dalam keadaan rendah. Jika terjadi perubahan keadaan SDA pada saat SCL dalam keadaan tinggi, maka perubahan itu dianggap sebagai sinyal *Start* atau sinyal *Stop*.
5. *Acknowledge* : Sinyal *acknowledge* yang disimbolkan dengan ACK Setelah transfer data oleh *master* berhasil diterima *slave*, *slave* akan menjawabnya dengan mengirim sinyal *acknowledge*, yaitu dengan membuat SDA menjadi “0” selama siklus *clock* ke 9. Ini menunjukkan bahwa *Slave* telah menerima 8 bit data dari *Master*.

2.2.8 Peta Memory ATmega8535

ATmega 8535 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.

2.2.9 Status Register

Status register adalah register berisi status yang dihasilkan pada setiap operasi yang dilakukan ketika suatu instruksi dieksekusi. Status register merupakan bagian dari cpu mikrokontroler. Seperti pada gambar 2.11 status register mikrokontroler ATMEGA 8535 berikut:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	I	T	H	S	V	N	Z	C	SREG
Read/Write	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.11 Status Register Mikrokontroler ATmega 8535

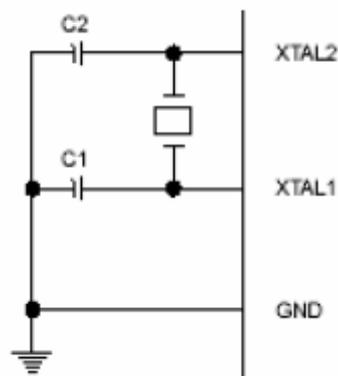
1. Bit7 I (*Global Interrupt Enable*), Bit harus di set untuk mengenable semua jenis interupsi.
2. Bit6 T (*Bit Copy Storage*), Instruksi BLD dan BST menggunakan bit T sebagai sumber atau tujuan dalam operasi bit. Suatu bit dalam sebuah register GPR dapat disalin ke bit T menggunakan instruksi BST, dan sebaliknya bit T

dapat disalin kembali kesuatu bit dalam register GPR dengan menggunakan instruksi BLD.

3. Bit5 H (*Half Carry Flag*)
4. Bit4 S (*Sign Bit*), merupakan hasil operasi EOR antara *flag-N* (*negatif*) dan *flag V* (komplemen dua *overflow*).
5. Bit3 V (*Two's Component Overflow Flag*) Bit ini berfungsi untuk mendukung operasi matematis.
6. Bit2 N (*Negative Flag*) Flag N akan menjadi Set, jika suatu operasi matematis menghasilkan bilangan negatif.
7. Bit1 Z (*Zero Flag*) Bit ini akan menjadi Set apabila hasil operasi matematis menghasilkan bilangan 0.
8. Bit0 C (*Carry Flag*) Bit ini akan menjadi Set apabila suatu operasi menghasilkan *carry*.

2.2.10 Sistem Clock

Mikrokontroler, mempunyai sistem pewaktuan CPU, 12 siklus clock. Artinya setiap 12 siklus yang dihasilkan oleh ceramic resonator maka akan menghasilkan satu siklus mesin. Nilai ini yang akan menjadi acuan waktu operasi CPU. Untuk mendesain sistem mikrokontroler kita memerlukan sistem clock, sistem ini bisa di bangun dari *clock eksternal* maupun *clock internal*. Untuk *clock internal*, kita tinggal memasang komponen seperti pada gambar 2.12 di bawah ini:



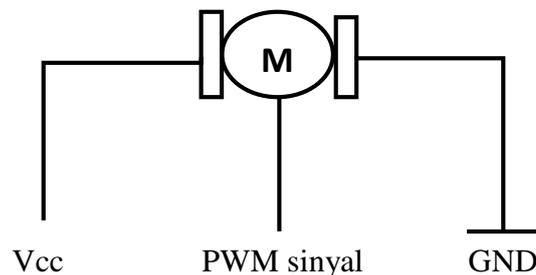
Notes: C1, C2 = 30 pF \pm 10 pF for Crystals
= 40 pF \pm 10 pF for Ceramic Resonators

Gambar 2.12 Sistem Clock

2.3 Motor Dc

Motor DC (*Direct Current*) adalah peralatan elektromagnetik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik yang desain awalnya diperkenalkan oleh Michael Faraday lebih dari seabad yang lalu (E. Pitowarno, 2006).

Motor DC dikendalikan dengan menentukan arah dan kecepatan putarnya. Arah putaran motor DC adalah searah dengan arah putaran jarum jam (*Clock Wise/CW*) atau berlawanan arah dengan arah putaran jarum jam (*Counter Clock Wise/CCW*), yang bergantung dari hubungan kutub yang diberikan pada motor DC. 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. Adapun symbol motor DC seperti pada gambar 2.13 berikut:



Gambar 2.13 Simbol Motor DC

2.3.1 Prinsip Kerja Motor DC

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.

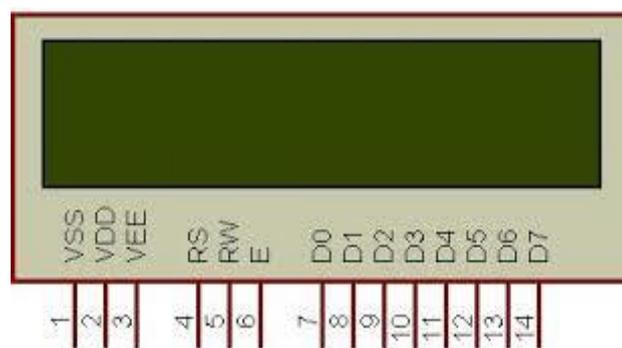
Arus listrik dari kutub positif akan masuk melalui komutator, kemudian berjalan mengikuti gulungan kawat sebelumnya, akhirnya masuk ke kutub negatif catu daya. Karena adanya medan elektromagnetik maka motor akan berputar.

Karena putaran rotor, arus listrik di dalam kawat akan berjalan bolak-balik karena jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar

Relay yang digunakan pada rangkaian diatas dengan tegangan 12V, perlu ada catuan untuk mengaktifkan coil pada relay sebesar 12V. Untuk switching PWM menggunakan MOSFET tipe N-Channel IRFZ44N. Relay 12V dapat melewati arus sebesar 16 A, jika ingin memperbesar arus yang melewatinya dapat mengganti relay dengan rating tegangan yang lebih besar. Driver motor relay lebih cocok digunakan untuk menjalankan motor dengan rating arus besar >5A.

2.5 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Layar LCD merupakan suatu media penampilan data yang sangat efektif dan efisien dalam penggunaannya. Untuk menampilkan sebuah karakter pada layar LCD diperlukan beberapa rangkaian tambahan. Untuk lebih memudahkan para pengguna, maka beberapa perusahaan elektronik menciptakan modul LCD. Adapun bentuk fisik LCD 16x2 seperti pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 LCD 16x2

LCD dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian depan panel LCD yang terdiri dari banyak dot atau titik LCD dan mikrokontroler yang menempel pada bagian belakang panel LCD yang berfungsi untuk mengatur titik-titik LCD sehingga dapat menampilkan huruf, angka, dan simbol khusus yang dapat terbaca. 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).

Tabel 2.2 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 (Input)	“0” memilih register perintah “1” register data
5	R/W	<i>Read/Write</i> , Pin untuk pengendali baca atau tulis (Input)	“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	Bus data (<i>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>)

2.6 Basic Compiler AVR

BASCOM adalah program *Basic compiler* berbasis *windows* untuk berbagai jenis keluarga *microcontroller* seperti MCS-51 dan AVR. BASCOM, merupakan pemrograman dengan bahasa tingkat tinggi. Penguasaan program BASCOM ini sangat didukung oleh pemahaman perangkat keras *microcontroller* yang baik, karena setiap langkah dari program ini pasti berhubungan dengan perangkat kerasnya. Hal itulah yang membedakan BASCOM dengan bahasa pemrograman lainnya. BASCOM merupakan bahasa pemrograman basic yang

dikembangkan dan dikeluarkan oleh MCS *Electronic*. Bahasa pemrograman ini memiliki keunggulan diantaranya :

1. Menggunakan bahasa pemrograman *basic* sebagai *control program*.
2. Memiliki jendela simulasi berupa LCD (*liquid crystal display*), simulasi *port micro* dan sebagainya.

Interface dari BASCOM AVR dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.16 Interface BASCOM-AVR

Keterangan lengkap ikon-ikon dari program BASCOM dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.3 Ikon-ikon Pada Program BASCOM

Icon	Nama	Fungsi	Shortcut
	<i>File New</i>	Membuat file baru	Ctrl+N
	<i>Open File</i>	Untuk Membuka File	Ctrl+N
	<i>File Close</i>	Untuk Menutup proram yang dibuka	Ctrl+O
	<i>File Save</i>	Untuk menyimpan file	Ctrl+S
	<i>Save as</i>	Menyimpan dengan nama yang lain	-
	<i>Print preview</i>	Untuk melihat tampilan sebelum dicetak	-
	<i>Print</i>	Untuk mencetak dokumen	Ctrl+P
	<i>Exit</i>	Untuk Keluar dari program	-
	<i>Program compile</i>	Untuk mengkompile program yang dibuat, Outputnya bisa berupa *.hex, *.bin dll	F7

Untuk menu *show result* informasi yang akan ditampilkan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.4 Tampilan Menu Pada Program BASCOM

Info	Keterangan
Compiler	Versi dari compiler yang digunakan
Processor	Menampilkan target prosesor yang dipilih
Date and time	Tanggal dan waktu kompilasi
Baud rate dan xtal	Baudrate yang dipilih dan kristal yang digunakan uP.
Error	Error nilai Baud yang di set dengan nilai baud sebenarnya
Flash Used	Persentase flash ROM yang terisi program
Stack Start	Lokasi awal stack pointer memori
RAM Start	Lokasi awal eksternal RAM.
LCD Mode	Mode LCD yang digunakan, 4 bit atau 8 bit