

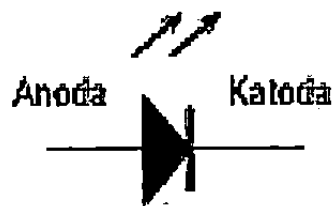
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1 LED

Dioda cahaya atau lebih dikenal dengan sebutan **LED** (*light-emitting diode*) adalah suatu semikonduktor yang memancarkan cahaya monokromatik yang tidak koheren ketika diberi tegangan maju. Gejala ini termasuk bentuk *elektroluminesensi*.

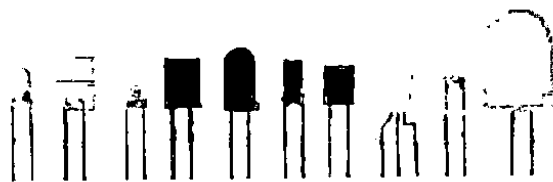


Gambar 2.1 Simbol LED

Sebuah LED adalah sejenis dioda semikonduktor istimewa. Seperti sebuah dioda normal, dia terdiri dari sebuah chip bahan semikonduktor yang diisi penuh, atau di-dop, dengan ketidakmurnian untuk menciptakan sebuah struktur yang disebut p-n junction. Pembawa-muatan - elektron dan lubang mengalir ke junction dari elektroda dengan voltase berbeda. Ketika elektron bertemu dengan lubang, dia jatuh ke tingkat energi yang lebih rendah, dan melepas energi dalam bentuk photon. Panjang gelombang dari cahaya yang dipancarkan, dan oleh karena itu warnanya, tergantung dari energi bandgap dari bahan yang membentuk p-n junction. Sebuah dioda

cahaya tampak dekat-inframerah, tetapi bahan yang digunakan untuk sebuah LED memiliki energi *bandgap* antara cahaya dekat-inframerah, tampak, dan dekat-ultra violet.¹

LED adalah salah satu komponen elektronik yang tidak asing lagi di kehidupan manusia saat ini. LED saat ini sudah banyak dipakai, seperti untuk rambu-rambu lalu lintas, lampu indikator peralatan elektronik hingga ke industri, untuk televisi, komputer, dan berbagai perangkat elektronik lainnya sebagai indikator bahwa sistem sedang berada dalam proses kerja, dan biasanya berwarna merah atau kuning. LED ini banyak digunakan karena konsumsi daya yang dibutuhkan tidak terlalu besar dan beragam warna yang ada dapat memperjelas bentuk atau huruf yang akan ditampilkan.



Gambar 2.2 Bentuk LED

Keunggulannya antara lain konsumsi listrik rendah, tersedia dalam berbagai warna, murah dan umur panjang. Keunggulannya ini membuat LED digunakan secara luas sebagai lampu indikator pada peralatan elektronik. Namun LED punya kelemahan, yaitu intensitas cahaya (*Lumen*) yang dihasilkannya termasuk kecil. Kelemahan ini membatasi LED untuk digunakan sebagai lampu penerangan. Namun beberapa tahun

belakangan LED mulai dilirik untuk keperluan penerangan, terutama untuk rumah-rumah di kawasan terpencil yang menggunakan listrik dari energi terbarukan (surya, angin, hidropower, dll). Alasannya sederhana, konsumsi listrik LED yang kecil sesuai dengan kemampuan sistem pembangkit energi terbarukan yang juga kecil.

Riset-riset mutakhir menunjukkan hasil menggembirakan. Kini LED mampu menghasilkan cahaya besar dengan konsumsi energi listrik (tetap) kecil. Berita terakhir adalah ditemukannya OLED (Organic LED) oleh para ilmuwan di University of Michigan dan Princeton University. Temuan ini sukses menghasilkan cahaya dengan intensitas 70 Lumen setiap 1 watt listrik yang digunakan. Sebagai perbandingan, lampu pijar memancarkan 15 lumen per watt, dan lampu fluorescent (misalnya lampu jantung) memancarkan 90 lumen per watt. Keunggulan LED dibanding lampu fluorescent adalah ramah lingkungan, cahaya tajam, umur panjang, dan murah.

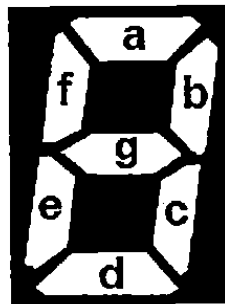
Sebelum OLED ditemukan, persoalan yang dihadapi para ahli LED adalah rendahnya efisiensi LED. Bukan karena cahaya yang dihasilkan sedikit, tapi karena sekitar 80% cahaya terperangkap di dalam LED. Sebagai solusi, desain OLED menggunakan kombinasi kisi dan cermin berukuran mikro, bekerja bersama-sama memandu cahaya yang terperangkap di dalam LED keluar. Stephen Forrest, profesor teknik elektro dan fisika di University of Michigan, penemu OLED mengatakan

bangunan dan rumah yang saat ini menggunakan lampu pijar ataupun fluorescent dengan OLED.

Macam-macam LED :

1. **Dioda Emiter Cahaya** . Sebuah dioda emisi cahaya dapat mengubah arus listrik langsung menjadi cahaya. Dengan mengubah-ubah jenis dan jumlah bahan yang digunakan untuk bidang temu PN. LED dapat dibentuk agar dapat memancarkan cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda-beda. Warna yang biasa dijumpai adalah merah, hijau dan kuning.
2. **LED Warna Tunggal** . LED warna tunggal adalah komponen yang paling banyak dijumpai. Sebuah LED warna tunggal mempunyai bidang temu PN pada satu keping silicon. Sebuah lensa menutupi bidang temu P-N tersebut untuk memfokuskan cahaya yang dipancarkan.
3. **LED Tiga Warna Tiga Kaki** . satu kaki merupakan anoda bersama dari kedua LED. Satu kaki dihubungkan ke katoda LED merah dan kaki lainnya dihubungkan ke katoda LED hijau. Apabila anoda bersamanya dihubungkan ke bumi, maka suatu tegangan pada kaki merah atau hijau akan membuat LED menyala. Apabila satu tegangan diberikan pada kedua katoda dalam waktu yang bersama, maka kedua

4. **LED Tiga Warna Dua Kaki** Disini, dua bidang temu PN dihubungkan dalam arah yang berlawanan. Warna yang akan dipancarkan LED ditentukan oleh polaritas tegangan pada kedua LED. Suatu sunyal yang dapat mengubah polaritas akan menyebabkan kedua LED menyala dan menghasilkan warna kuning.
5. **Led Seven Segmen** biasanya digunakan untuk menampilkan angka berupa angka 0 sampai 9, angka – angka tersebut dapat ditampilkan dengan mengubah nyala dari 7 segmen yang ada pada led yang disusun seperti gambar dibawah ini :

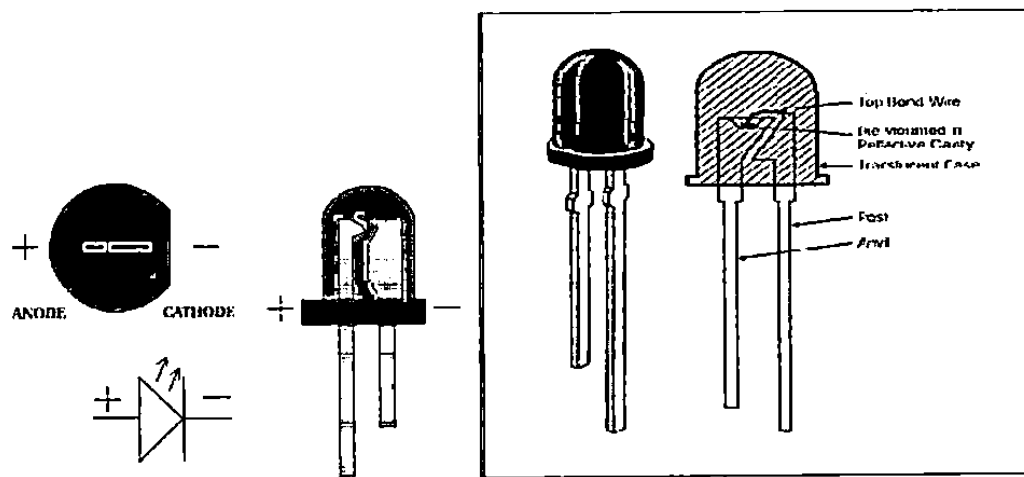


Gambar 2.3 LED Seven Segmen

Cara Kerja LED

Karena LED adalah salah satu jenis dioda maka LED memiliki 2 kutub yaitu anoda dan katoda. Dalam hal ini LED akan menyala bila ada arus listrik mengalir dari anoda menuju katoda. Pemasangan kutub LED tidak boleh terbalik karena apabila terbalik kutubnya maka LED tersebut tidak akan menyala. Led memiliki karakteristik berbeda-beda menurut warna yang dihasilkan. Semakin tinggi arus yang mengalir pada led maka semakin terang pula cahaya yang dihasilkan, namun perlu diperhatikan

1,6V – 3,5 V menurut karakter warna yang dihasilkan. Apabila arus yang mengalir lebih dari 20mA maka led akan terbakar. Untuk menjaga agar LED tidak terbakar perlu kita gunakan resistor sebagai penghambat arus.



Gambar 2.4 LED indikator tipikal dan konstruksinya

Pada saat ini warna-warna cahaya LED yang banyak ada adalah warna merah, kuning dan hijau. LED berwarna biru sangat langka. Untuk menghasilkan warna putih yang sempurna, spectrum cahaya dari warna-warna tersebut digabungkan, dengan cara yang paling umum yaitu penggabungan warna merah, hijau, dan biru, yang disebut RGB. Pada dasarnya semua warna bisa dihasilkan, namun akan menjadi sangat mahal dan tidak efisien. Dalam memilih LED selain warna, perlu diperhatikan tegangan kerja, arus maksimum dan disipasi daya-nya. Rumah (*chasing*) LED dan bentuknya juga bermacam-macam, ada yang persegi empat, bulat dan lonjong. Bahan semikonduktor yang sering digunakan dalam pembuatan LED adalah:

2. Ga As P (*Galium Arsenide Phospide*) meradiasikan warna merah dan kuning,
3. Ga P (*Galium Phospide*) meradiasikan warna merah dan kuning.

Cara Menghitung Nilai Resistor pada LED

Tegangan kerja / jatuh tegangan pada sebuah menurut warna yang dihasilkan :

1. Infra merah : 1,6 v
2. Merah : 1,8 v - 2,1 v
3. Oranye : 2,2 v
4. Kuning : 2,4 v
5. Hijau : 2,6 v
6. Biru : 3,0 v - 3,5 v
7. Putih : 3,0v - 3,6 v
8. Ultraviolet : 3,5 v

Berdasarkan Hukum Ohm, $V=I.R$

Keterangan :

V = tegangan,

I = arus listrik,

R = Resistor.

Apabila kita mencari nilai resistor

maka : $R = V/I$

$R = (V_s - V_d)/I$

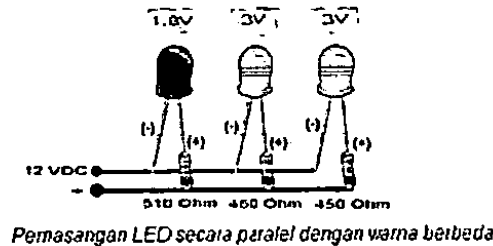
V_s = tegangan sumber

V_d = jatuh tegangan

Contoh : Misal kita mempunyai sebuah LED warna merah (memiliki jatuh tegangan 1,8 Volt) yang akan dinyalakan menggunakan sumber tegangan(misalnya accu) : 12Volt maka kita harus mencari nilai resistor yang akan dihubungkan secara seri dengan LED. Sebelumnya kita mengetahui bahwa arus maksimal yang diperbolehkan adalah 20mA Jadi

tegangan : 1,8V, dan Arus listrik : 20mA=0,02Ampere. $R=(12-1,8) / 0,02$

= 510 ohm. Menghitung nilai resistor secara paralel :



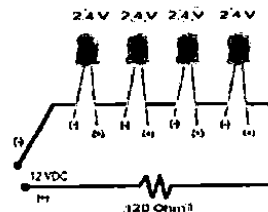
Gambar 2.5 Pemasangan LED secara paralel dengan warna yang berbeda

$R_{LED\text{ Merah}} = (12\text{ V} - 1.8\text{V}) / 0.02\text{ A} = 510\text{ ohm}$

$R_{LED\text{ Biru}} = (12\text{V} - 3\text{V}) / 0.02\text{ A} = 450\text{ ohm}$

Menghitung resistor secara seri :

$R = (12\text{V} - 9.6\text{ V}) / 0.02\text{ A} = 120\text{ ohm}$



Gambar 2.6 Pemasangan LED secara seri

Menghitung resistor pada LED nyala putih(super bright). Kita memiliki 3 buah led nyala putih(super bright) dan akan kita nyalakan dengan menggunakan accu 12 Volt maka, $R = (-12\text{V} (3.6\text{ V} * 3)) / .0,3\text{ A}$
= 40Ω

Kelebihan dari LED :

1. LED memiliki efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan lampu lain, dimana LED lebih hemat energi 80 % sampai 90%

2. LED memiliki waktu penggunaan yang lebih lama hingga mencapai 100 ribu jam.
3. LED memiliki tegangan operasi DC yang rendah.
4. Cahaya keluaran dari LED bersifat dingin atau cool (tidak ada sinar UV atau energi panas).
5. Ukurannya yang mini dan praktis

Kelemahan dari LED :

1. Suhu lingkungan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan gangguan elektrik pada LED.
2. Harga LED per lumen lebih tinggi dibandingkan dengan lampu lain.
3. Kelemahan dari LED di atas yang menyebabkan masyarakat lebih memilih menggunakan
4. Cara penerangan biasa dengan lampu pijar maupun neon dibandingkan menggunakan LED.

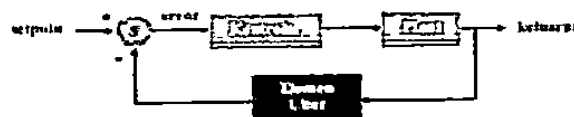
Kelebihan Lampu Pijar atau Neon yang Menggunakan LED :

Jika lampu pijar tidak dapat digunakan lagi setelah bohlamnya pecah, namun tidak demikian pada lampu LED. LED merupakan jenis solid-state lighting (SSL), artinya lampu yang menggunakan kumpulan LED, benda padat, sebagai sumber pencahayaannya sehingga tidak mudah rusak bila terjatuh atau bohlamnya pecah. Kumpulan LED diletakkan dengan jarak yang rapat untuk memperterang cahaya. Satu buah lampu ini dapat bertahan lebih dari 30 ribu jam, bahkan mencapai 100 ribu jam.²

2.1.2 Sistem Kendali Umpan Balik

Sebuah pengendali elektronis yang digunakan untuk mengendalikan sesuatu membutuhkan sebuah sistem kendali untuk bekerja. Sistem kendali yang digunakan adalah sistem kendali umpan balik, karena memiliki sifat dari suatu sistem untaian-tertutup yang memungkinkan keluarannya bisa dibandingkan dengan masukan sistem itu sedemikian rupa, agar tindakan pengendalian yang tepat sebagai fungsi dari keluaran dan masukannya bisa terjadi.

Konfigurasi dasar dari suatu sistem pengendalian umpan balik sederhana digambarkan dalam blok diagram sebagai berikut :



Gambar 2.7 Blok Diagram Sistem Kendali Umpan Balik

Keterangannya adalah sebagai berikut :

- *Input* (masukan) adalah isyarat luar yang diterapkan ke sistem pengendalian umpan balik untuk memerintahkan tindakan tertentu plant tersebut.
- *Comparator* (pembanding) digunakan untuk membandingkan

- *Controller* (pengendali) adalah komponen yang diperlukan untuk membangkitkan isyarat pengendalian yang tepat untuk diterapkan ke *plant* tersebut, termasuk didalamnya adalah *aktuator* atau penggerak.
- *Plant* (sistem terkendali) adalah benda, proses, atau mesin, dimana besaran, atau keadaan tertentu harus dikendalikan.
- Elemen umpan balik (*sensor*) adalah komponen yang diperlukan untuk menetapkan hubungan fungsional antara isyarat umpan balik primer dan keluaran kendali.³

2.1.3 Sensor

Sesuai dengan prinsip kendali umpan balik di atas, dibutuhkan sebuah elemen umpan balik untuk mengetahui perubahan parameter-parameter yang terjadi setelah proses kendali dilakukan. Menurut *Dr. Tom Kenny (2004)*, sensor adalah alat yang mengonversikan fenomena fisis ke dalam sinyal elektrik, dengan kata lain sensor merupakan bagian yang merepresentasikan antar muka diantara dunia fisis dan alat-alat elektrik.

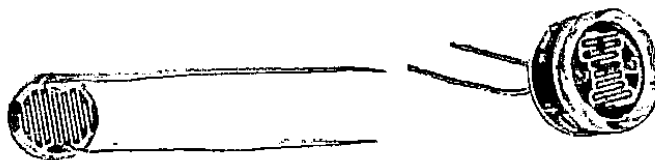
Istilah *transducer* sering digunakan sebagai sinonim dari sensor. Idealnya, sensor adalah alat yang merespons perubahan fenomena fisis. Di sisi lain, sebuah *transducer* adalah alat yang mengonversikan suatu bentuk energi ke dalam bentuk energi yang lain. (*M. Anjanappa, 2008*)⁴

Sensor Cahaya (*Light Dependent Resistor*)

LDR (Light Dependent Resistance) merupakan salah satu contoh sensor cahaya yang terbuat dari bahan *cadmium sulfoselenoid (CDS)* yang

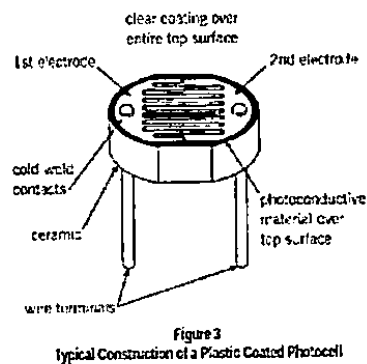
³ Hidayat, Latif, Skripsi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2011

sangat peka terhadap perubahan intensitas cahaya yang mengenai permukaannya. *LDR* akan sangat resisten jika tidak terkena cahaya, sebaliknya nilai resistansi *LDR* akan sangat rendah bila terkena cahaya yang sangat terang. Kemampuannya menyerap cahaya memudahkan *LDR* mengatur letak sumber cahaya agar bisa mengenai permukaan sensor dengan optimal. Tetapi penggunaan *LDR* harus dirangkai seri dengan resistor variabel (*trimmer*) yang terhubung ke sumber dan salah satu kaki *LDR* terhubung ke *ground*, sesuai dengan persamaan pembagi tegangan. *LDR* dihitung dalam satuan ohm.⁵



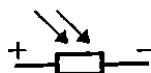
Gambar 2.8 *Light Dependent Resistor*

Berikut ini bagian - bagian dari *LDR*

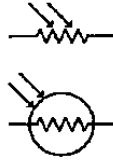


Gambar 2.9 Bagian-bagian *Light Dependent Resistor*

Simbol *LDR* :

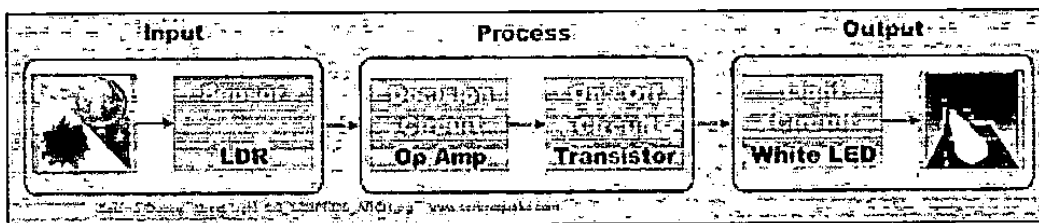


Simbol LDR di proteus :



Gambar 2.10 Simbol-simbol LDR

Blok diagram LDR :



Gambar 2.11 Blok diagram LDR

2.2 Kontroler

Mikrokontroler akan mengolah semua data yang dihasilkan oleh sensor, kemudian dengan algoritma khusus yang telah diprogram sebelumnya digunakan untuk menghasilkan output. Menurut *Agfianto Eka Putra (2005)*, mikrokontroler lebih banyak digunakan untuk mengendalikan sistem-sistem otomatis yang berdiri sendiri (*stand alone*).

Mikrokontroler ATMEGA16

Mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu buah ATMEGA16. Mikrokontroller AVR ATmega16 adalah salah satu jenis mikrokontroller yang sangat populer digunakan saat ini. AVR adalah mikrokontroller *RISC (Reduce Instruction Set Compute)* 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard, yang dibuat oleh Atmel pada tahun 1996. AVR

Risc processor yang berasal dari nama dua mahasiswa Norwegian Institute of Technology (NTH), yaitu Alf-Egil Bogen dan Vegard Wollen.

AVR memiliki keunggulan dibandingkan dengan mikrokontroler lain, keunggulan mikrokontroler AVR yaitu AVR memiliki kecepatan eksekusi program yang lebih cepat karena sebagian instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*, lebih cepat dibandingkan dengan mikrokontroler MCS51 yang memiliki arsitektur *CISC (Complex Instruction Set Compute)* dimana mikrokontroler MCS51 membutuhkan 12 siklus *clock* untuk mengeksekusi 1 instruksi. Selain itu, mikrokontroler AVR memiliki fitur yang lengkap (*ADC Internal, EEPROM Internal, Timer/ Counter, Watchdog Timer, PWM, Port I/O*, komunikasi serial, komparator, *I2C*, dan lain-lain), sehingga dengan fasilitas yang lengkap ini, *programmer* dan desainer dapat menggunakannya untuk berbagai aplikasi sistem elektronika seperti robot, otomasi industri, peralatan telekomunikasi, dan berbagai keperluan lain.

Secara umum mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATmega, dan ATtiny. Pemrograman Mikrokontroler AVR dapat menggunakan *low level language (assembly)* dan *high level language (C, Basic, Pascal, JAVA, dll)* tergantung *compiler* yang digunakan. Bahasa assembler mikrokontroler AVR memiliki kesamaan instruksi, sehingga jika pemrograman satu jenis mikrokontroler AVR sudah dikuasai, maka akan

AVR, namun bahasa assembler relatif lebih sulit dipelajari dari pada bahasa C, untuk pembuatan suatu proyek yang besar akan memakan waktu yang lama, serta penulisan programnya akan panjang.

Sedangkan bahasa C memiliki keunggulan dibandingkan dengan bahasa assembler yaitu *independent* terhadap *hardware* serta lebih mudah untuk menangani proyek yang besar. Bahasa C memiliki keuntungan-keuntungan yang dimiliki bahasa mesin (*assembly*), hampir semua operasi yang dapat dilakukan oleh bahasa mesin, dapat dilakukan oleh bahasa C dengan penyusunan program yang lebih sederhana dan mudah. Bahasa C sendiri sebenarnya terletak di antara bahasa pemrograman tingkat tinggi dan *assembly*. (Heri Andrianto, 2008: 3)

A. Fitur ATmega16

Fitur-fitur yang dimiliki ATmega16 sebagai berikut:

- a. Mikrokontroler AVR 8 bit yang memiliki kemampuan tinggi, dengan daya rendah.
- b. Arsitektur *RISC* dengan *throughput* mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16 MHz.
- c. Memiliki kapasitas Flash memori 16 *KByte*, EEPROM 512 *Byte* dan SRAM 1 *KByte*.
- d. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C*, dan *Port D*.
- e. *CPU* yang terdiri atas 32 register.

g. *Port USART* untuk komunikasi serial.

h. Fitur Periperal

a) Tiga buah *Timer/ Counter* dengan kemampuan perbandingan.

- Dua buah *Timer/ Counter* 8 bit dengan *Prescaler* terpisah dan *Mode Compare*.
- Satu buah *Timer/ Counter* 16 bit dengan *Prescaler* terpisah, *Mode Compare*, dan *Mode Capture*.

b) *Real Time Counter* dengan *Oscillator* tersendiri

c) 4 channel PWM

d) 8 channel, 10-bit ADC

- 8 *Single-ended Channel*
- 7 *Differential Channel* hanya pada kemasan *TQFP*
- 2 *Differential Channel* dengan *Programmable Gain* 1x, 10x, atau 200x

e) *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*

f) *Programmable Serial USART*

g) Antarmuka SPI

h) *Watchdog Timer* dengan *oscillator* internal

i) *On-chip Analog Comparator*

<i>PB5</i>	<i>MOSI (SPI Bus Master Output/ Slave Input)</i>
<i>PB4</i>	<i>(SPI Slave Select Input)</i>
<i>PB3</i>	<i>AIN1 (Analog Comparator Negative Input)</i> <i>AC0 (Timer/ Counter0 Output Compare Match Output)</i>
<i>PB2</i>	<i>AIN1 (Analog Comparator Positive Input)</i> <i>INT2 (External Interupt 2 Input)</i>
<i>PB1</i>	<i>T1 (Timer/ Counter 1 External Counter Input)</i>
<i>PB0</i>	<i>T0 T1 (Timer/ Counter0 External Counter Input)</i> <i>XCK (USART External Clock Input Output)</i>

- e. *Port C (PC0 sampai PC7)* merupakan *pin input/ output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.2 Fungsi Khusus masing-masing *pin* pada *PORT C*.

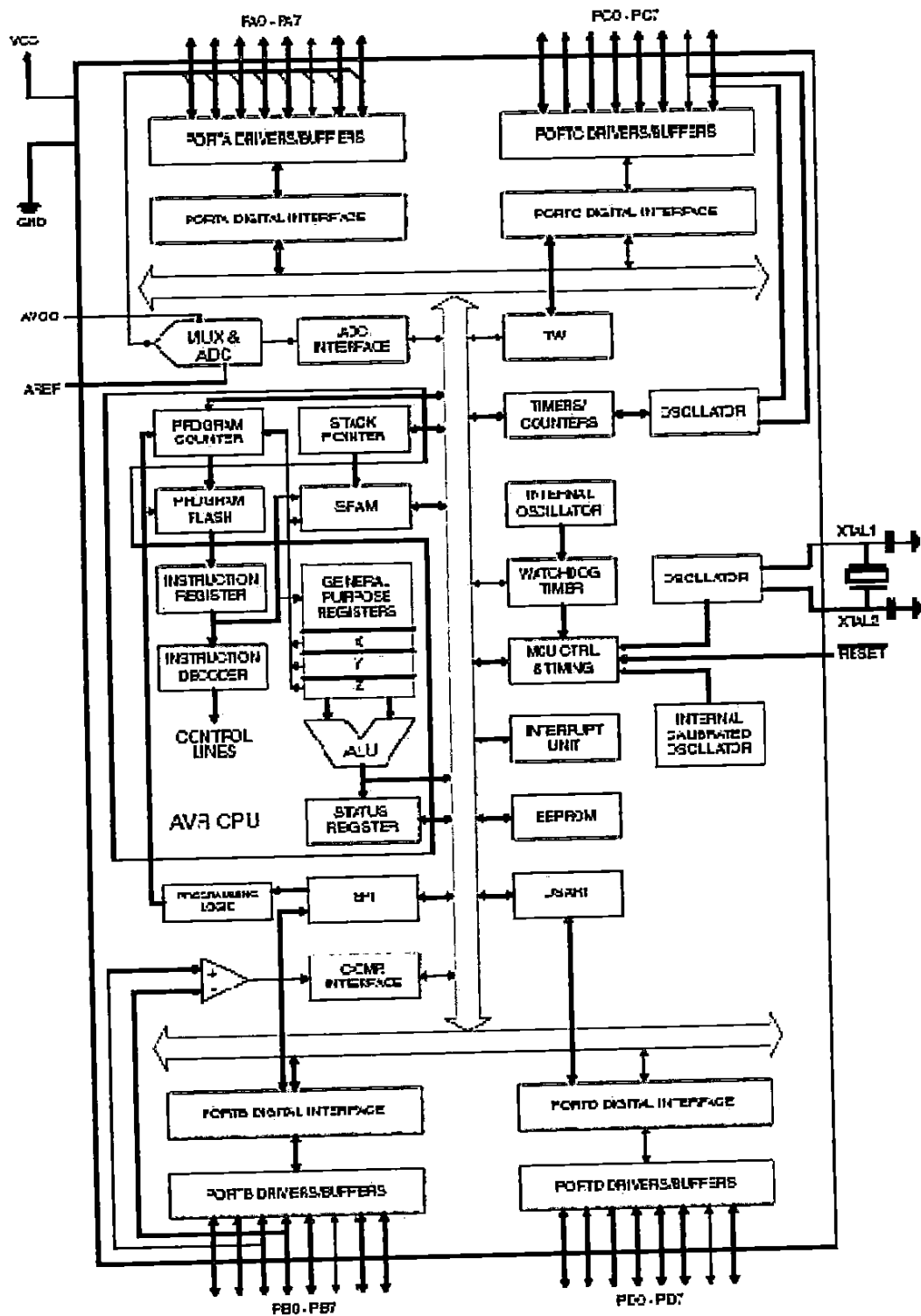
Pin	Fungsi Khusus
<i>PC7</i>	<i>TOSC2 (Timer Oscillator Pin2)</i>
<i>PC6</i>	<i>TOSC1 (Timer Oscillator Pin1)</i>
<i>PC5</i>	<i>TDI (JTAG Test Data In)</i>
<i>PC4</i>	<i>TDO (JTAG Test Data Out)</i>
<i>PC3</i>	<i>TMS (JTAG Test Mode Select)</i>
<i>PC2</i>	<i>TCK (JTAG Test Clock)</i>
<i>PC1</i>	<i>SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/ Output Line)</i>
<i>PC0</i>	<i>SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)</i>

- f. *Port D (PD0 sampai PD7)* merupakan *pin input/ output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 2.3 Fungsi Khusus masing-masing *pin* pada *PORT D*.

Pin	Fungsi Khusus
<i>PD7</i>	<i>OC2 (Timer/ Counter2 Output Compare Match Output)</i>
<i>PD6</i>	<i>ICP (Timer/ Counter1 Input Capture Pin)</i>
<i>PD5</i>	<i>OC1A (Timer/ Counter1 Output Compare A Match Output)</i>
<i>PD4</i>	<i>OC1B (Timer/ Counter1 Output Compare B Match Output)</i>
<i>PD3</i>	<i>INT1 (External Interrupt 1 Input)</i>
<i>PD2</i>	<i>INT0 (External Interrupt 0 Input)</i>
<i>PD1</i>	<i>TXD (USART Output Pin)</i>
<i>PD0</i>	<i>RXD (USART Input Pin)</i>

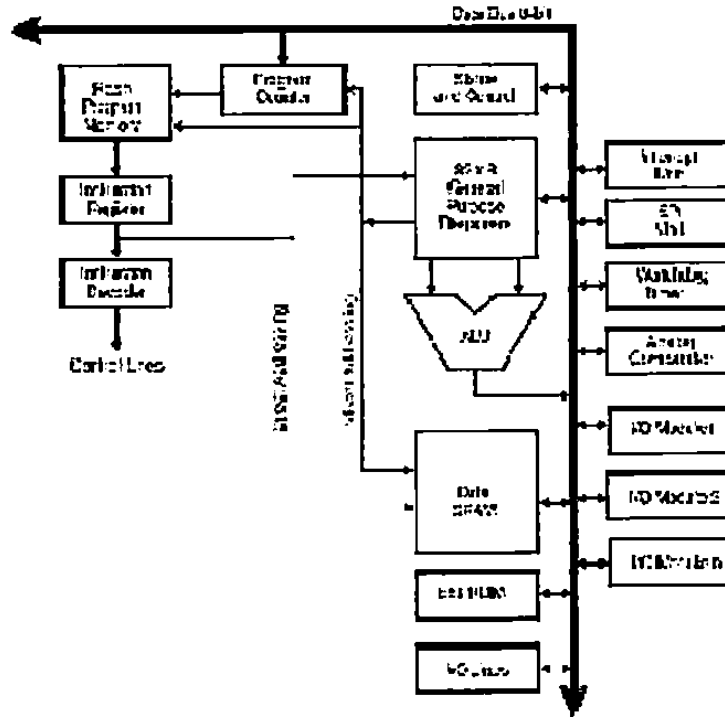
- g. *Reset* merupakan *pin* yang digunakan untuk me-reset mikrokontroller.
- h. *XTAL1* dan *XTAL2* merupakan *pin* masukan *clock* eksternal.
- i. *AVCC* merupakan *pin* masukan tegangan untuk *ADC*.
- j. *AREF* merupakan *pin* masukan tegangan referensi *ADC*.



Gambar 2.13 Blok diagram AVR ATmega16.

(Sumber: www.alldatasheet.com)

D. Arsitektur Mikrokontroler AVR RISC



Gambar 2.14 Arsitektur Mikrokontroler AVR RISC.

(Sumber: www.alldatasheet.com)

E. Peta Memori AVR ATmega16

a. Memori Program

Arsitektur AVR mempunyai dua memori utama, yaitu memori data dan memori program. Selain itu, ATmega16 memiliki memori *EEPROM* untuk menyimpan data. ATmega16 memiliki 16 *Kbyte Onchip In-system Reprogrammable Flash memory* untuk menyimpan program. Karena semua instruksi AVR memiliki format 16 atau 32 bit, *Flash* diatur dalam $8K \times 16 \text{ bit}$.

Untuk keamanan program, memori program, *flash* dibagi

adalah program kecil yang bekerja saat *start up time* yang dapat memasukan seluruh program aplikasi ke dalam memori prosesor.

b. Memori Data (*SRAM*)

Memori data AVR ATmega16 terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 buah register umum, 64 buah register *I/O* dan 1 *Kbyte SRAM internal*. *General Purpose register* menempati alamat data terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sedangkan memori *I/O* menempati 64 alamat berikutnya mulai dari \$20 hingga \$5F.

Memori *I/O* merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai peripheral mikrokontroler seperti *control register*, *timer/counter*, fungsi-fungsi *I/O*, dan sebagainya. 1024 alamat memori berikutnya mulai dari \$60 hingga 45F digunakan untuk memori *SRAM internal*.

c. Memori Data *EEPROM*

ATmega16 terdiri dari 512 *byte* memori data *EEPROM 8 bit*, data dapat ditulis/ baca dari memori ini, ketika catu daya dimatikan data terakhir yang ditulis pada memori *EEPROM* masih tersimpan pada memori ini, atau dengan kata lain memori *EEPROM* bersifat *nonvolatile*. Alamat *EEPROM* mulai \$000 sampai 1FF.

F. *Timer/ Counter*

Mikrokontroler AVR ATmega16 memiliki tiga buah *timer* diantaranya *timer 0 (8 bit)*, *timer 1 (16 bit)*, dan *timer 2 (8 bit)*.

a. *Timer/ Counter 8 Bit*

Timer/ counter 0 dan timer/ counter 2 adalah timer/counter 8 bit yang mempunyai multifungsi. Fitur-fiturnya yaitu:

- a) *Counter satu kanal*
- b) *Timer dinolkan saat match compare (autoreload)*
- c) *Glitch-free, Phase Correct Pulse Width Modulator (PWM)*
- d) *Frekuensi generator*
- e) *10 bit clock prescaler*
- f) *Interupsi timer yang disebabkan timer overflow (TOVn) dan compare match (OCFn)*

Timer/ counter 8 bit dapat menghitung maksimal hingga 255 (00-FF) hitungan, dimana periode setiap hitungan (clock-nya) tergantung dari setting prescaler-nya. Untuk mengatur jenis mode operasi dari timer/ counter dan mengatur prescaler digunakan register timer/ counter control register TCCRn (n= 0, 2). TCCRn adalah register 8 bit yang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 2.4 Kombinasi register TCCRn.

7	6	5	4	3	2	1	0	
FOCn	WGMn0	COMn1	COMn0	WGMn1	CSn2	CSn1	CSn0	TCCRn

Keterangan untuk setiap bit:

Bit7 : FOCn (Force Output Compare)

Bit6 : WGMn0, WGMn1 (WGMn0, WGMn1 (Waveform Generation Unit))

Bit mengontrol kenaikan dari *counter*, sumber nilai maksimum dan mode operasi *timer/ counter*, yaitu *mode normal, clear timer, compare match*, dan dua tipe *PWM*.

Mode-mode operasi timer

a) *Mode normal*

Timer digunakan untuk menghitung saja, membuat delay, menghitung selang waktu.

b) *Mode PWM, phase correct*

Memberikan bentuk gelombang *phase correct PWM* resolusi tinggi. *Mode phase correct PWM* berdasarkan operasi *dualslope*. *Counter* menghitung berulang-ulang dari *BOTTOM* ke *MAX* dan dari *MAX* ke *BOTTOM*.

c) *CTC (Clear Timer on Compare Match)*

Pada *mode CTC*, nilai *timer* yang ada pada *TCNTn* akan di-nol-kan lagi jika *TCNTn* sudah sama dengan nilai yang ada pada register *OCRn*, sebelumnya *OCRn* diset dulu, karena *timer 0* dan *2* maksimal 255, maka *range OCR 0-255*.

d) *Fast PWM*

Memberikan pulsa *PWM* frekuensi tinggi. *Fast PWM* berbeda dengan *mode PWM* lain, *Fast PWM*

berbeda dengan *mode PWM* lain, *Fast PWM* berdasar operasi *single slope*. *Counter*

menghitung dari *BOTTOM* hingga *TOP* kemudian kembali lagi mulai menghitung berawal dari *BOTTOM*.

b. *Timer/ Counter 1 (16 Bit)*

Pada *mode normal*, TCNT1 akan menghitung naik dan membangkitkan *interupt Timer/ Counter 1* ketika nilainya berubah dari 0xFFFF ke 0x0000. Untuk menggunakan *timer* yang menghitung mundur cukup dengan memasukkan nilai yang diinginkan ke TCNT1 dan menunggu sampai terjadi *interupt*, tetapi untuk *timer* yang menghitung maju, maka nilai yang dimasukkan ke dalam TCNT1 nilainya harus $65536 - (\text{timer value})$.

c. *Prescaler*

Pada dasarnya *timer* hanya menghitung pulsa *clock*. Frekuensi pulsa *clock* yang dihitung tersebut bisa sama dengan frekuensi *crystal* yang digunakan atau dapat diperlambat menggunakan *prescaler* dengan faktor 8, 64, 256 atau 1024.

G. *EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)*

EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) adalah salah satu dari tiga tipe memori pada *AVR* (dua lainnya adalah *SRAM* dan *flash*). Sifat *EEPROM*, tetap dapat menyimpan data saat tidak ada suplai dan juga dapat diubah saat program sedang berjalan. Oleh karena itu *EEPROM* sangat berguna jika sistem yang

Untuk menulis ke *EEPROM* tentu saja kita harus menyetting register yang bersangkutan.

H. Interupsi

Interupsi adalah kondisi dimana pada saat program utama dieksekusi/ dikerjakan oleh CPU kemudian tiba-tiba berhenti untuk sementara waktu karena ada rutin lain yang harus ditangani terlebih dahulu oleh CPU, dan setelah selesai mengerjakan rutin tersebut CPU kembali mengerjakan instruksi pada program utama. ATmega16 memiliki 21 sumber interupsi.

I. Tunda

Tunda atau *delay* adalah suatu instruksi untuk menunda eksekusi suatu alur program selama waktu yang telah ditentukan. Dalam menggunakan fungsi tunda, dapat menggunakan pustaka tunda yang ditambahkan pada bagian *header*:

```
#include<delay.h>
```

Instruksi-instruksi di pustaka tunda:

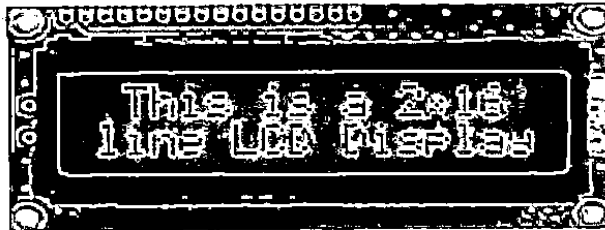
a. *delay_us(unsigned int n)*

Menghasilkan tundaan selama *n mikrosekon*, *n* harus merupakan konstanta.

b. *delay_ms(unsigned int n)*

Menghasilkan tundaan selama *n milisekon*, *n* harus merupakan konstanta.⁶

2.3 LCD 2*16



Gambar 2.15 *Liquid Crystal Display*

LCD adalah sebuah dot matriks *Liquid Crystal Display* yang mampu menampilkan 16*2, membutuhkan daya kecil, dan dilengkapi panel LCD dengan tingkat kontras yang cukup tinggi, serta pengendali LCD CMOS yang telah terpasang dalam modul tersebut. Pengendali memiliki pembangkit karakter ROM/RAM, sehingga modul LCD ini dengan mudah dapat disambungkan dengan unit Mikroprosesor (MPU). LCD tipe ini memiliki penyemat (kaki) sebanyak 16 pin dengan fungsi-fungsi tiap pin yang dapat dilihat pada tabel berikut⁷ :

Tabel 2.5 Fungsi-fungsi pin pada LCD 2*16

No	Simbol	Level	Fungsi
1	Vss		power supply, 0 volt (GND)
2	Vcc		power supply, 5 volt + 10%
3	Vee		power supply, LCD drive
4	RS	H/L	H : data input, L : instruction input

5	R/W	H/L	H : read, L : write
6	E		Enable signal
7	Db0	H/L	DATA BUS
8	Db1	H/L	
9	Db2	H/L	
10	Db3	H/L	
11	Db4	H/L	
12	Db5	H/L	
13	Db6	H/L	
14	Db7	H/L	
15	V+BL		Back light supply 4 - 4.2 volt, 50 – 200 mA
16	V-BL		Back light supply 0 volt (GND)

2.4 Rangkaian Catu Daya

Perangkat elektronika mestinya dicatu oleh suplai arus searah *DC* (*Direct Current*) yang stabil agar dapat bekerja dengan baik. Baterai atau *accu* adalah sumber catu daya *DC* yang paling baik. Namun untuk aplikasi yang membutuhkan catu daya lebih besar, sumber dari baterai tidak cukup. Sumber catu daya yang besar adalah sumber bolak-balik atau *AC* (*Alternating Current*) dari pembangkit tenaga listrik. Untuk itu diperlukan suatu perangkat catu daya yang dapat mengubah arus *AC* menjadi *DC*.

Catu daya adalah sebuah peralatan penyedia tegangan atau sumber

listrik yang tersedia dari jaringan distribusi transmisi listrik ke level yang diinginkan, sehingga berimplikasi pada perubahan daya listrik. Dalam implementasinya yang kemudian berkembang pesat dan luas, yaitu sistem perubahan AC ke DC (*DC power supply*) dan DC ke DC (*DC to DC converter*).

Pada tugas akhir ini sumber catu daya yang digunakan adalah listrik rumah tangga 220 Volt. Sebab diperlukan sumber daya yang cukup besar untuk menyalakan lampu LED dan juga diperlukan kontinuitas konsumsi listrik dari lampu LED untuk menerangi ruangan sesuai dengan yang direncanakan. Hal yang tidak bisa dipenuhi jika menggunakan baterai. Karena sumber catu daya yang digunakan berarus AC, diperlukan seperangkat rangkaian *switching regulator* atau adaptor untuk mengubah tegangan AC menjadi DC dan menurunkan tegangan menjadi sesuai dengan kebutuhan rangkaian kontroler yang akan digunakan. Sebab Suplai daya atau tegangan catu suatu rangkaian elektronik yang berubah-ubah besarnya dapat menyebabkan pengaruh yang sifatnya merusak fungsi kerja rangkaian elektronik yang dicatunya. Oleh sebab itu, jika dari suatu rangkaian elektronik diharapkan suatu kinerja yang prima dan tahan lama, salah satu syaratnya adalah menggunakan catu daya yang stabil dan mampu menekan riak (*ripple*) semaksimal mungkin.

Dalam unit pengendali ini catu tegangan yang dibutuhkan adalah jenis 5VDC, yang digunakan pada rangkaian mikrokontroler, sensor, dan

karena tidak termasuk pokok bahasan, dan hanya merupakan rangkaian yang mendukung bekerjanya sistem ini. Regulator *step-down* yang digunakan pada rangkaian ini yaitu LM7805, yang merupakan jenis IC regulator tegangan tetap positif dari keluarga 78xx.



Gambar 2.16 LM7805

IC regulator tegangan secara garis besar dapat dibagi menjadi dua, yakni regulator tegangan tetap (3 kaki) dan tegulator tegangan yang dapat diatur (3 kaki atau lebih). IC regulator tegangan tetap yang sekarang populer adalah keluarga 78xx untuk tegangan positif dan seri 79xx untuk tegangan negatif. Besarnya tegangan keluaran IC seri 78xx dan 79xx ini dinyatakan dengan dua angka terakhir pada serinya. Besarnya tegangan masukan (V_{in} dalam nilai DC) pada regular seri 78xx dalam beberapa variasi tegangan keluaran dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 2.6 Berbagai tipe regulator beserta batasan tegangan masukan.

Tipe Regulator	V_o	V_{in} min	V_{in} maks
7805	5 V	7 V	20 V
7806	6 V	8 V	21 V
7808	8 V	10,5 V	25 V
7810	10 V	12,5 V	25 V

7812	12 V	14,5 V	27 V
7815	15 V	17,5 V	30 V
7818	18 V	21 V	33 V
7824	24 V	27 V	38 V

Batasan nilai tegangan masukan IC regulator yang terdapat dalam tabel adalah nilai DC, dalam arti bukan tegangan sekunder trafo, sedangkan tegangan trafo dinyatakan dalam harga RMS. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa catu daya teregulasi adalah catu daya yang dapat menghasilkan tegangan keluaran yang nilai/ harga tegangannya senantiasa selalu tetap setiap saat sesuai dengan yang diharapkan. (Sunomo, 1996: 82)

Pemakaian *heatshink* (aluminium pendingin) dianjurkan jika komponen ini dipakai untuk mencatu arus yang besar. Di dalam *datasheet*, komponen IC regulator tegangan maksimal bisa dilewati arus mencapai 1 Ampere. Kemampuan memberikan catu daya dari IC regulator tegangan dapat ditingkatkan kapasitasnya dengan menambahkan transistor luar atau eksternal, baik transistor NPN maupun PNP. Dengan penambahan transistor luar, maka sebagian besar dari arus akan dilewatkan pada transistor luar ini sehingga IC regulator tegangan hanya berfungsi sebagai pengontrol tegangan saja.⁸