

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Dasar Teori

##### 2.1.1 Dasar Sistem Pencahayaan

Setiap pekerjaan memerlukan tingkat pencahayaan pada permukaannya. Pencahayaan yang baik menjadi penting untuk menampilkan tugas yang bersifat visual. Pencahayaan yang lebih baik akan membuat orang bekerja lebih produktif. Membaca buku dapat dilakukan dengan minimal 100-200 lux cahaya. Hal ini merupakan pertanyaan awal perancang sebelum memilih tingkat pencahayaan yang benar. CIE (Commission International de l'Eclairage) dan IES (Illuminating Engineers Society) telah menerbitkan tingkat pencahayaan yang direkomendasikan untuk berbagai pekerjaan. Tingkat-tingkat tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.1** Tingkat pencahayaan untuk berbagai kegiatan

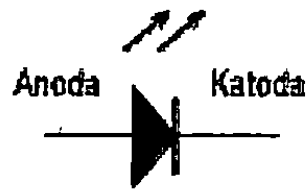
Jenis penerangan	Tingkat Penerangan (lux)	Contoh-contoh Area Kegiatan
Penerangan Umum Untuk ruangan dan area yang jarang digunakan dan/atau tugas-tugas visual sederhana	20	Layanan penerangan yang minimum dalam area sirkulasi luar ruangan, pertokoan di daerah terbuka, halaman tempat penyimpanan
	50	Tempat pejalan kaki & panggung.
	70	Ruang boiler.
	100	Halaman Trafo, ruangan tungku, dan lain-lain.

	150	Area sirkulasi industri, pertokoan dan ruang penyimpanan.
Pencahaya-an umum untuk interior	200	Layanan penerangan yang minimum dalam tugas
	300	Meja & mesin kerja ukuran sedang, proses umum dalam industri kimia dan makanan, kegiatan membaca dan membuat arsip.
	450	Gantungan baju, pemeriksaan, kantor untuk menggambar, perakitan mesin dan bagian yang halus, pekerjaan warna, tugas menggambar kritis.
	1500	Pekerjaan mesin dan diatas meja yang sangat halus, perakitan mesin presisi kecil dan instrumen; komponen elektronik, pengukuran dan pemeriksaan bagian kecil yang rumit (sebagian mungkin diberikan oleh tugas pencahayaan setempat)
Pencahaya-an tambahan setempat untuk tugas visual yang tepat	3000	Pekerjaan berpresisi dan rinci sekali, misal instrumen yang sangat kecil, pembuatan jam tangan, pengukiran.

Nilai-nilai yang direkomendasikan tersebut telah dipakai sebagai standar nasional dan internasional bagi perancangan pencahayaan.

### 2.1.2 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

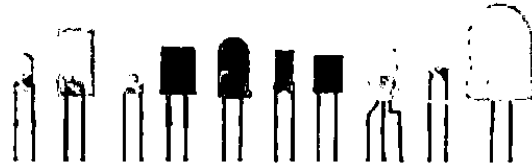


Gambar 2.1 Simbol LED

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 melepaskan 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 normal, biasanya terbuat dari silikon atau germanium, memancarkan cahaya tampak dekat-inframerah, tetapi bahan yang digunakan untuk sebuah LED memiliki energi *bandgap* antara cahaya dekat-inframerah, tampak, dan dekat-ultra violet.

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

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.

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.

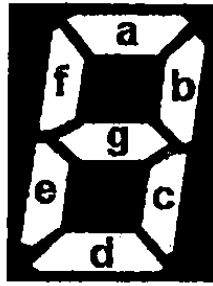
Sebelum OLED ditemukan, persoalan yang dihadapi para ahli LED adalah rendahnya efisiensi LED. Bukan karena cahaya yang dihasilkan sedikit, tapi karena sekitar 80% cahaya terperangkap di dalam LED. Sebagai solusi, desain OLED menggunakan kombinasi kisi dan cermin berukuran mikro, bekerja bersama-sama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

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 LED akan menyala bersama-sama. Pencampuran warna merah dan hijau akan menghasilkan warna kuning.
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

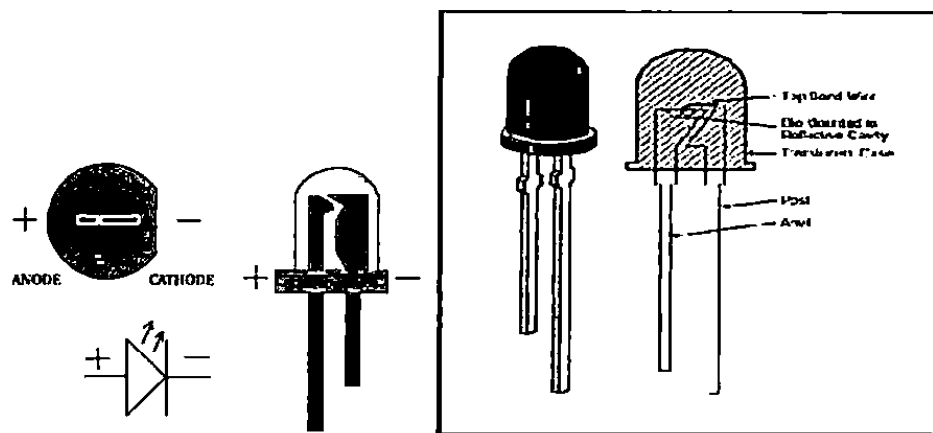
.. . . .



**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 bahwa besarnya arus yang diperbolehkan 10mA-20mA dan pada tegangan 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 pembatas 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:

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



Tegangan kerja / jatuh tegangan pada sebuah LED 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.

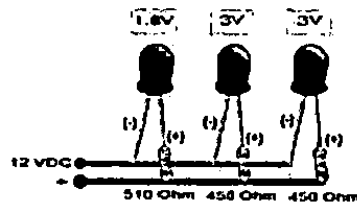
Apabila kita mencari nilai resistor maka :  $R = V/I$

$$R = (V_s - V_d) / I$$

$V_s$  = 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 dari masalah diatas dapat diketahui : tegangan yang digunakan : 12V, jatuh tegangan : 1,8V, dan Arus listrik : 20mA=0,02Ampere.  $R=(12-1,8) / 0,02$



Pemasangan LED secara paralel dengan warna berbeda

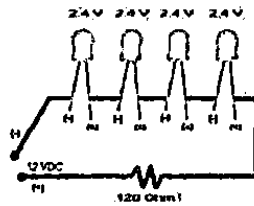
**Gambar 2.5** Pemasangan LED secara paralel dengan warna yang berbeda

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

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

Menghitung resistor secara seri :

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



Gambar pemasangan LED secara seri

**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,  $R = (12\text{V} - (3.6 \text{ V} * 3)) / .0,3 \text{ A} = 40\Omega$

Kelebihan dari LED :

1. LED memiliki efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan lampu lain, dimana LED lebih hemat energi 80 % sampai 90% dibandingkan lampu lain.
2. LED memiliki waktu respon yang lebih lama hingga mencapai

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 lampu pijar maupun neon.
4. Cara penerangan biasa dengan lampu pijar maupun neon lebih sederhana dan mudah 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

... ..

### 2.1.3 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

- *Comparator* (pembanding) digunakan untuk membandingkan keluaran dengan masukan acuan. *Comparator* ini menghasilkan *error* sebagai isyarat penggerak.
- *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.

#### 2.1.4 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. Anwarudin, 2008*)

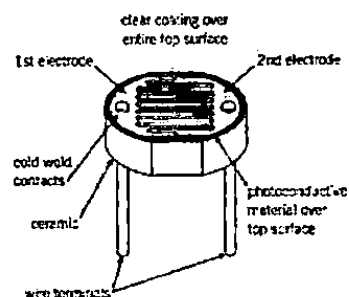
## Sensor Cahaya (*Light Dependent Resistor*)

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



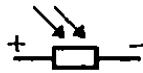
**Gambar 2.8** *Light Dependent Resistor*

Berikut ini bagian - bagian dari *LDR*



**Figure 1**  
Typical Construction of a Plastic-Coated Photocell

Simbol LDR :

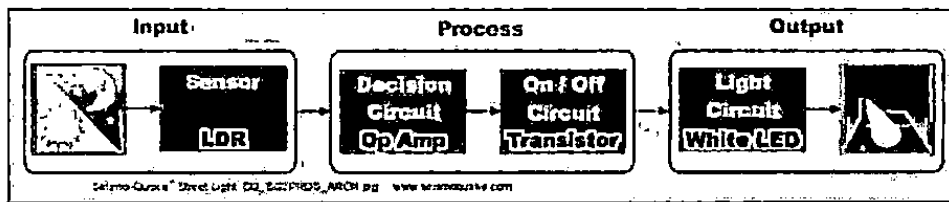


Simbol LDR di proteus :



Gambar 2.10 Simbol-simbol LDR

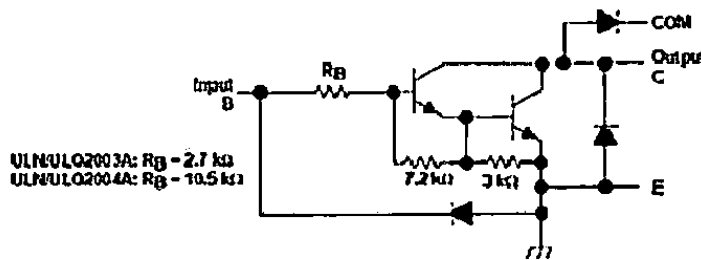
Blok diagram LDR :



Gambar 2.11 Blok diagram LDR

### 2.1.5 IC ULN2003

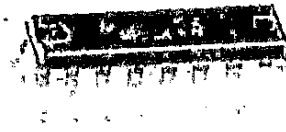
IC ULN 2003 adalah sebuah IC dengan ciri memiliki 7-bit input, tegangan maksimum 50 volt dan arus 500mA. IC ini termasuk jenis TTL. Di dalam IC ini terdapat transistor darlington. Transistor darlington merupakan 2 buah transistor yang dirangkai dengan konfigurasi khusus untuk mendapatkan penguatan ganda sehingga dapat menghasilkan penguatan arus yang besar.



Gambar 2.12 Rangkaian Darlington IC ULN 2003

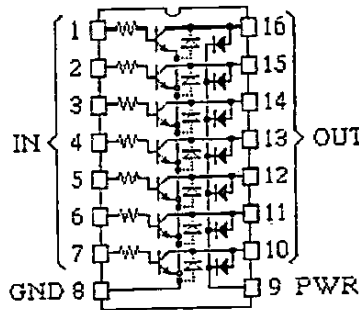
berfungsi sebagai input, output dan pin untuk catu daya. Catu daya ini terdiri dari catu daya (+) dan ground. IC ULN 2003 biasa digunakan sebagai driver motor stepper maupun driver relay.

Bentuk fisik dari IC ULN 2003 adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.13** Bentuk Fisik IC ULN 2003

Sedangkan isi dari IC ULN 2003 dan fungsi dari masing-masing pin adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.14** Transistor Darlington Dalam IC ULN 2003

## 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. Mikrokontroler AVR ATmega16 adalah salah satu jenis mikrokontroler yang sangat populer digunakan saat ini. AVR adalah mikrokontroler *RISC (Reduce Instruction Set Compute)* 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard, yang dibuat oleh Atmel pada tahun 1996. AVR mempunyai kepanjangan *Advanced Versatile RISC* atau *Alf and Vegard's 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

*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 dengan mudah menguasai pemrograman keseluruhan mikrokontroler jenis 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)

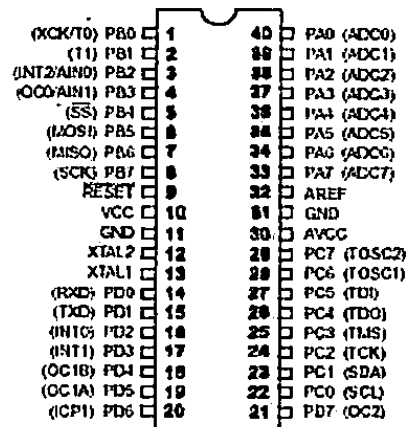
#### A. Fitur ATmega16

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.
- f. Unit interupsi internal dan eksternal.
- 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

## B. Konfigurasi Pin AVR ATmega16



Gambar 2.15 Konfigurasi pin ATmega16.

(Sumber: [www.alldatasheet.com](http://www.alldatasheet.com))

Konfigurasi pin ATmega16 dengan kemasan 40 pin DIP (Dual In-line Package) dapat dilihat pada Gambar 1. Dari gambar diatas dapat dijelaskan fungsi dari masing-masing pin ATmega16 sebagai berikut:

- VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai masukan catu daya.
- GND merupakan pin Ground.
- Port A (PA0 sampai PA7) merupakan pin input/ output dua arah dan pin masukan ADC.
- Port B (PB0 sampai PB7) merupakan pin input/ output dua arah dan pin fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 2.2 Fungsi Khusus masing-masing pin pada PORT B.

Pin	Fungsi Khusus
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)

PB6	MISO (SPI Bus Master Input/ Slave Output)
PB5	MOSI (SPI Bus Master Output/ Slave Input)
PB4	(SPI Slave Select Input)
PB3	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) AC0 (Timer/ Counter0 Output Compare Match Output)
PB2	AIN1 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)
PB1	T1 (Timer/ Counter 1 External Counter Input )
PB0	T0 T1 (Timer/ Counter0 External Counter Input) XCK (USART External Clock Input Output)

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

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

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

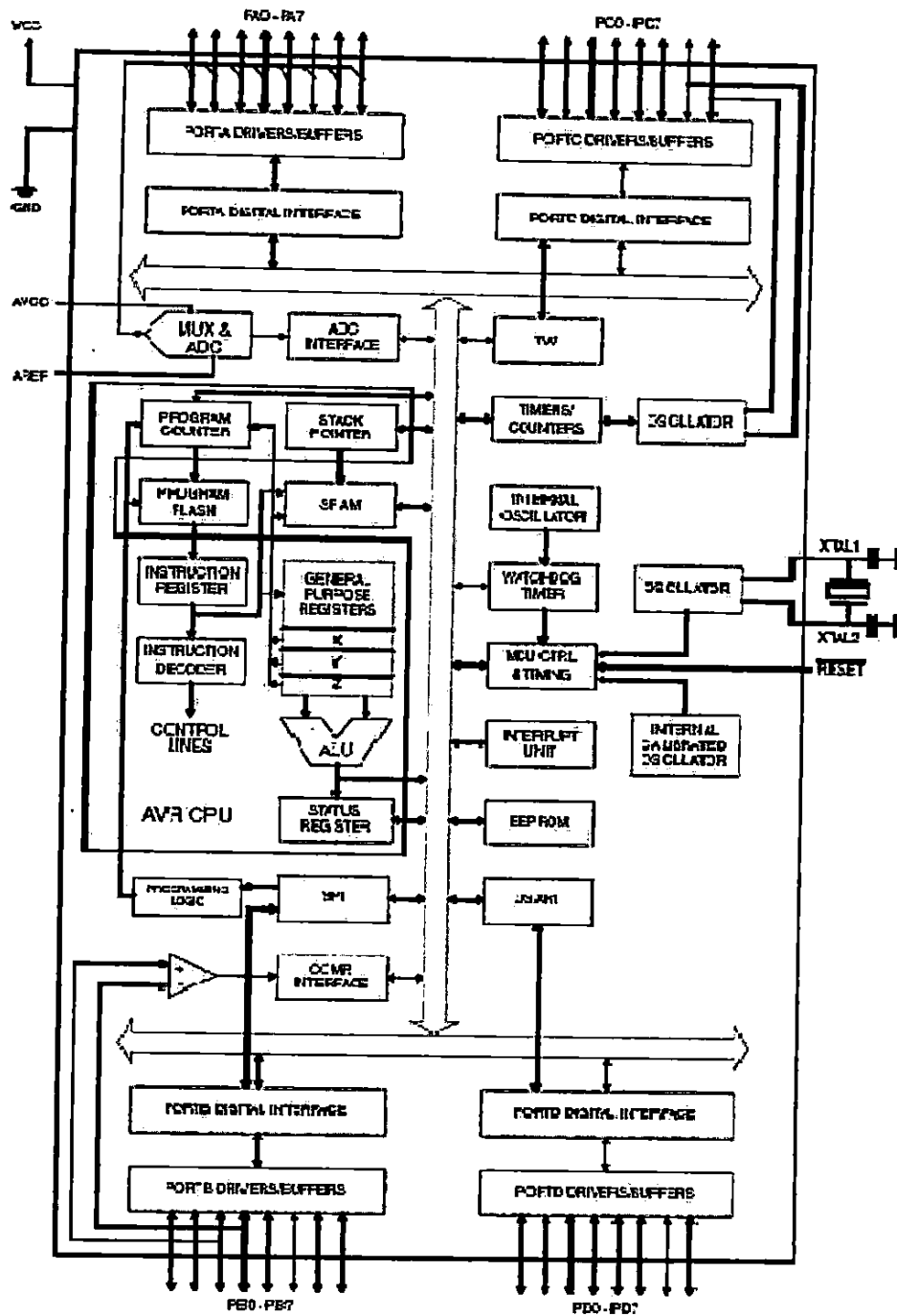
<i>PC0</i>	<i>SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)</i>
------------	---

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

**Tabel 2.4** 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 MatchOutput)</i>
<i>PD4</i>	<i>OC1B (Timer/ Counter1 Output Compare B MatchOutput)</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>

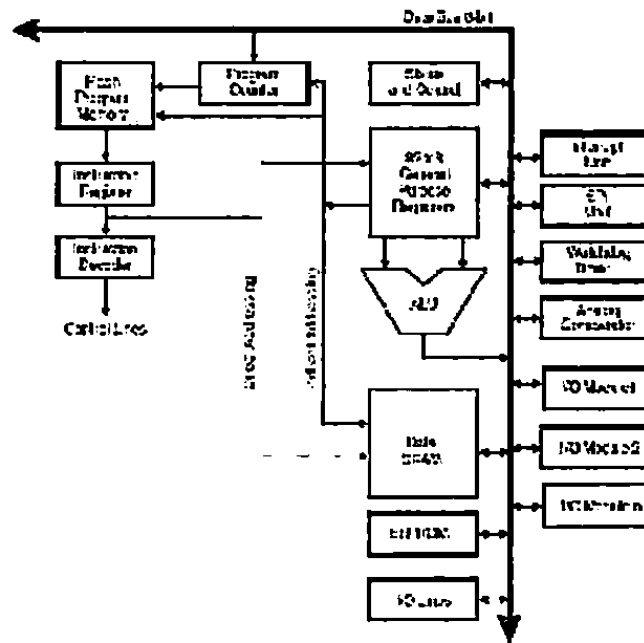
- g. *Reset* merupakan *pin* yang digunakan untuk me-reset mikrokontroller.
- h. *XTAL1* dan *XTAL2* merupakan *pin* masukan *clock* eksternal.
- i. *AVCC* merupakan *pin* masukan tegangan untuk *ADC*.
- j. *AREF* merupakan *pin* masukan tegangan referensi *ADC*.



Gambar 2.16 Blok diagram AVR ATmega16.

(Sumber: [www.alldatasheet.com](http://www.alldatasheet.com))

#### D. Arsitektur Mikrokontroler AVR RISC



Gambar 2.17 Arsitektur Mikrokontroler AVR RISC.

(Sumber: [www.alldatasheet.com](http://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 x 16 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)*.

*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 *matchcompare* (*autoreload*)
- c) *Glitch-free, Phase Correct Pulse Width Modulator (PWM)*
- d) Frekuensi generator
- e) 10 bit *clockprescaler*
- 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 2.5** 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*)

*Bit 1 - Bit 0* : WGMn0 dan 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) *Modenormal*

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) *FastPWM*

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

mengitung 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-(*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 menyeting 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:

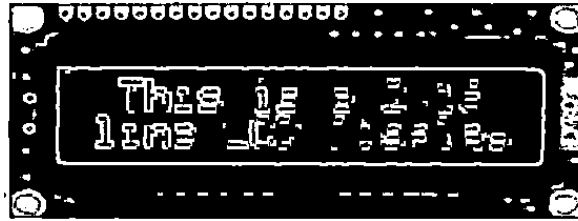
a. *delay\_us(unsigned int n)*

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

b. *delay\_ms(unsigned int n)*

Menghasilkan tundaan selama *n milisekon*, *n* harus merupakan

### 2.3 LCD 2\*16



**Gambar 2.18** *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 berikut :

**Tabel 2.6** 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)