

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Konsep Dasar Penerangan Jalan Umum Pintar

Penerangan Jalan Umum menjadi sebuah kebutuhan utama di sebuah perkotaan. Perkiraan daya untuk sebuah lampu PJU begitu besar penggunaannya maka biaya yang dikeluarkan oleh pemerintah pun cukup besar. Sistem PJU ini dibuat untuk menghemat daya yang digunakan dengan cara mendeteksi sebuah objek yang apabila lampu tidak mendeteksi objek maka kuat pencahayaan lampu akan redup secara otomatis.

2.2 Standar Nasional Indonesia (SNI) PJU Konvensional

Penerangan jalan umum telah distandardisasi oleh pemerintah sebagai suatu bentuk keseriusan pemerintah untuk mendukung keamanan dan keindahan kota. Standar ini telah ditentukan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) dengan nomor SNI 7391:2008.[1]

Beberapa ketentuan yang telah diatur dalam SNI untuk PJU yaitu:

1. Fungsi Penerangan Jalan
2. Dasar Perencanaan Penerangan Jalan
3. Ketentuan Pencahayaan dan Penempatan

Kualitas pencahayaan pada suatu jalan diukur berdasarkan metoda iluminansi atau luminansi. Meskipun demikian lebih mudah menggunakan metoda iluminansi, karena dapat diukur langsung di permukaan jalan dengan menggunakan alat pengukur

kuat cahaya. Kualitas pencahayaan normal menurut jenis/klasifikasi fungsi jalan ditentukan seperti pada Tabel 2.1.[1]

Tabel 2.1 Kualitas Pencahayaan Normal [1]

Jenis/ klasifikasi jalan	Kuat pencahayaan (Illuminasi)		Luminansi			Batasan silau	
	E rata-rata (lux)	Kemerataan (Uniformity)	L rata-rata (cd/m ²)	Kemerataan (uniformity)		G	TJ (%)
		g1		VD	VI		
Trotoar	1 - 4	0,10	0,10	0,40	0,50	4	20
Jalan lokal :							
- Primer	2 - 5	0,10	0,50	0,40	0,50	4	20
- Sekunder	2 - 5	0,10	0,50	0,40	0,50	4	20
Jalan kolektor :							
- Primer	3 - 7	0,14	1,00	0,40	0,50	4 - 5	20
- Sekunder	3 - 7	0,14	1,00	0,40	0,50	4 - 5	20
Jalan arteri :							
- Primer	11 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5 - 6	10 - 20
- Sekunder	11 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5 - 6	10 - 20
Jalan arteri dengan akses kontrol, jalan bebas hambatan	15 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5 - 6	10 - 20
Jalan layang, simpang susun, terowongan	20 - 25	0,20	2,00	0,40	0,70	6	10

Keterangan :
 g1 : E min/E maks
 VD : L min/L maks
 VI : L min/L rata-rata
 G : Silau (*glare*)
 TJ : Batas ambang kesilauan

4. Jenis Lampu Penerangan Jalan

Jenis lampu penerangan jalan ditinjau dari karakteristik dan penggunaannya secara umum dapat dilihat dalam Tabel 2.[1]

Tabel 2.2 Jenis Lampu PJU Menurut Karakteristik dan Penggunaannya [1]

Jenis Lampu	Efisiensi rata-rata (lumen/watt)	Umur rencana rata-rata (jam)	Daya (watt)	Pengaruh thd warna obyek	Keterangan
Lampu tabung fluorescent tekanan rendah	60 – 70	8.000 – 10.000	18 - 20; 36 - 40	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> - untuk jalan kolektor dan lokal; - efisiensi cukup tinggi tetapi berumur pendek; - jenis lampu ini masih dapat digunakan untuk hal-hal yang terbatas.
Lampu gas merkuri tekanan tinggi (MBF/U)	50 – 55	16.000 – 24.000	125; 250; 400; 700	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> - untuk jalan kolektor, lokal dan persimpangan; - efisiensi rendah, umur panjang dan ukuran lampu kecil; - jenis lampu ini masih dapat digunakan secara terbatas.
Lampu gas sodium bertekanan rendah (SOX)	100 - 200	8.000 - 10.000	90; 180	Sangat buruk	<ul style="list-style-type: none"> - untuk jalan kolektor, lokal, persimpangan, penyeberangan, terowongan, tempat peristirahatan (<i>rest area</i>); - efisiensi sangat tinggi, umur cukup panjang, ukuran lampu besar sehingga sulit untuk mengontrol cahayanya dan cahaya lampu sangat buruk karena warna kuning; - Jenis lampu ini dianjurkan digunakan karena faktor efisiensinya yang sangat tinggi.
Lampu gas sodium tekanan tinggi (SON)	110	12.000 - 20.000	150; 250; 400	Buruk	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk jalan tol, arteri, kolektor, persimpangan besar/luas dan <i>interchange</i>; - efisiensi tinggi, umur sangat panjang, ukuran lampu kecil, sehingga mudah pengontrolan cahayanya; - Jenis lampu ini sangat baik dan sangat dianjurkan untuk digunakan.

2.3 Cahaya

Para ahli telah meneliti cahaya untuk mengetahui sifat sifat dan karakteristik cahaya. Ada dua pendapat mengenai cahaya, yaitu cahaya dianggap sebagai gelombang

dan cahaya dianggap sebagai partikel. Setiap pendapat ini mempunyai alasan masing-masing dan keduanya telah dibuktikan secara eksperimen.

Berdasarkan penelitian-penelitian lebih lanjut, cahaya merupakan suatu gelombang elektromagnetik yang dalam kondisi tertentu dapat berkelakuan seperti suatu partikel. Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang tidak memerlukan medium untuk merambat, sehingga cahaya dapat merambat tanpa memerlukan medium. Oleh karena itu, cahaya matahari dapat sampai ke bumi dan memberi kehidupan di dalamnya. Cahaya merambat dengan sangat cepat, yaitu dengan kecepatan 3×10^8 m/s, artinya dalam waktu satu sekon cahaya dapat menempuh jarak 300.000.000 m atau 300.000 km.

Sinar Cahaya : atau sinar tampak merupakan satu-satunya spectrum gelombang elektromagnetik yang bisa terlihat seluruhnya yang terdiri atas 7 spektrum warna yakni : merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, ungu. Sinar berwarna ungu mempunyai frekuensi paling besar dan panjang gelombang paling pendek, sebaliknya sinar warna merah mempunyai frekuensi paling kecil serta panjang gelombang paling panjang.[4]

2.3.1 Tingkat Kuat Pencahayaan (*Lighting Level*)

Tingkat kuat pencahayaan (iluminasi) sebagian besar ditentukan oleh kuat cahaya yang jatuh pada suatu luas bidang permukaan dan dinyatakan sebagai iluminasi rata-rata. Iluminasi rata-rata dalam lux adalah arus cahaya yang dipancarkan (ϕ) dalam lumen (lm) dibagi dengan luas bidang atau area (A) dalam m^2 :

$$E(\text{lux}) = \frac{\phi(\text{lumen})}{A(m^2)} \quad (2.1)$$

Iluminasi rata-rata adalah tingkat kuat penerangan rata-rata yang diukur secara horizontal dan vertikal untuk suatu ruangan atau untuk suatu bidang kerja. Biasanya diukur secara horizontal 75cm di atas lantai. Arus cahaya adalah kuantitas cahaya total yang dipancarkan setiap detik oleh sumber cahaya dalam satuan lumen. Tingkat kuat penerangan yang diperlukan sangat bergantung pada jenis kegiatan yang dilakukan. Kegiatan yang memerlukan banyak ketelitian memerlukan penerangan dengan tingkat kuat penerangan yang lebih tinggi. Semakin tinggi derajat kesulitan penglihatan semakin tinggi pula diperlukan tingkat kuat penerangannya.[4]

2.3.2 Distribusi Kepadatan Cahaya (*Luminance Distribution*)

Kepadatan cahaya atau luminasi (L) adalah ukuran kepadatan radiasi cahaya yang jatuh pada suatu bidang dan dipancarkan ke arah mata sehingga mata mendapatkan kesan terang (*brightness*). Dengan kata lain, kepadatan cahaya adalah kuat cahaya atau ukuran pancaran cahaya dari bidang tertentu dalam candela (cd) dibagi dengan bidang penglihatan dalam m^2 . Satuan kepadatan cahaya (L) dinyatakan dalam candela/ m^2 atau cd/m^2 .

$$L = \frac{I(cd)}{A(m^2)} \quad (2.2)$$

Semakin tinggi kepadatan cahaya suatu permukaan semakin terang pula permukaan itu tampak oleh mata. Dapat saja distribusi kuat cahaya ini tidak harmonis/tidak merata. Distribusi kuat cahaya yang tidak merata menimbulkan kontras

yang terlalu besar. Hal ini disebabkan karena mata tidak melihat cahaya yang sampai pada suatu objek langsung dari sumber cahaya, tetapi mata melihat cahaya yang dipantulkan/direfleksikan oleh objek tersebut ke mata, atau dengan kata lain, mata tidak melihat tingkat kuat penerangan (iluminasi) melainkan melihat kepadatan cahaya (*brightness*).[4]

2.4 Daya Listrik

Daya listrik adalah besar kecepatan energi listrik yang diubah menjadi energi bentuk lain. Atau biasa dikatakan bahwa daya listrik adalah banyaknya energi tiap satuan waktu.

Pada alat listrik biasanya sudah tercantum daya dan tegangan yang dibutuhkan alat itu. Misalnya, lampu bertuliskan 60 W/220 V, setrika bertuliskan 350W/220 V, dan pompa air bertuliskan 125 W/220 V. Lampu bertuliskan 60 W/220 V artinya lampu akan menyala dengan baik, jika dipasang pada tegangan 220 volt dan selama 1 detik banyaknya energi listrik yang diubah menjadi energi cahaya 60 joule.

Jika lampu dipasang pada tegangan lebih besar dari 220 V maka lampu akan rusak. Sebaliknya, jika dipasang pada tegangan kurang dari 220 V, lampu menyala kurang terang. Ada kalanya alat-alat listrik tidak mencantumkan daya listriknya, tetapi tertulis tegangan dan kuat arus. Misalnya, motor listrik bertuliskan 220 V- 0,5 A. Artinya motor akan bekerja dengan baik jika dipasang pada tegangan 220 volt dan akan mengalir arus listrik 0,5 Ampere[5]

2.4.1 Daya Listrik

Pada lampu pijar, energi listrik diubah menjadi bentuk energi cahaya dan panas. Apabila sebuah lampu menyala dalam waktu satu jam, maka selama itu lampu menggunakan sejumlah energi listrik tertentu. Bila lampu itu menyala selama dua jam, maka lampu itu menggunakan energi listrik sebanyak dua kali lipat dari yang satu jam.

Dari uraian diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa jumlah listrik yang digunakan berbanding lurus dengan waktu menyala lampu.

Besaran daya listrik ditulis dengan notasi huruf P, dan satuan daya listrik disebut Watt yang ditulis dengan notasi huruf W.

Dalam rangkaian listrik, daya berbanding lurus dengan tegangan dan arus. Semakin besar arus dan semakin besar tegangan, maka semakin besar pula daya yang dihasilkan. Pernyataan ini dapat ditulis dengan rumus:

$$P = V \times I \quad (2.3)$$

Keterangan : P = Daya listrik dengan satuan Watt (W)

V = Tegangan listrik dengan satuan Volt (V)

I = Arus listrik dengan satuan Ampere (A)

Atau dapat juga besarnya daya ditentukan oleh tegangan dan arus listrik yang dipergunakannya, maka daya listrik (P) dapat dirumuskan sebagai:

$$P = W/t \quad (2.4)$$

Keterangan : P = daya listrik (watt)

W = energi listrik satuannya Joule

t = waktu satuannya sekon

Maka, sebetulnya ada beberapa persamaan hubungan antara energi listrik (W), beda potensial (V), kuat arus listrik (I), dan daya listrik (P) dapat dituliskan pada Tabel 3 sebagai berikut:[5]

Tabel 2.3 Persamaan Hubungan Antara Energi Listrik

Rumus Energi Listrik	Hubungan Energi dan Daya	Rumus Daya Listrik
$W = V \cdot I \cdot t$	$W = P \cdot t$	$P = V \cdot I$
$W = \frac{V^2}{R} \cdot t$		$P = \frac{V^2}{R}$
$W = I^2 \cdot R \cdot t$		$P = I^2 \cdot R$

2.4.2 Perhitungan Daya KWh

Untuk menentukan banyaknya energi listrik yang digunakan di rumah-rumah, pabrik-pabrik dan seluruh pelanggan PLN digunakan satuan energi yang lebih besar daripada Joule yaitu Kilo Watt Jam (KWh). Jadi mengkonversi satuan Joule menjadi kWh adalah sebagai berikut:

$$1\text{KWh} = 1000 \text{ Watt} \cdot \text{Jam}$$

$$= 1000 \text{ Watt} \cdot 3600 \text{ sekon}$$

$$= 3.600.000 \text{ Watt sekon}$$

$$= 3.600.000 \text{ Joule}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^5 \text{ Joule [5]}$$

2.4.3 Penggunaan Satuan kWh

Sudah di jelaskan bahwa kWh adalah satuan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari. Sehingga alat ukur energi listrik sering disebut sebagai kWh meter. Untuk menghitung besarnya energi listrik yang terpakai dalam kehidupan sehari hari ada dua cara:

1. Dengan menggunakan persamaan $W = P \cdot t$
2. Dengan menggunakan alat ukur kWh meter.

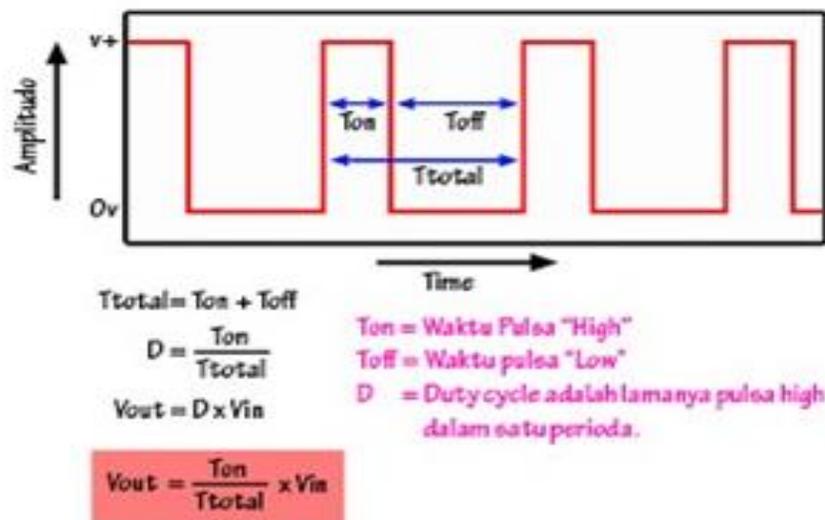
Pemakaian energi listrik selama sebulan dapat diketahui melalui meteran listrik itu. Kemudian, dengan tarif listrik tertentu, misalnya sekitar Rp 500,- /kWh, pihak PLN ataupun kita dapat mengetahui besar biaya pemakaian energi listrik selama sebulan. Biaya pemakaian energi listrik inilah yang harus kita bayarkan secara rutin setiap bulan sesuai dengan penggunaan pada PLN, yang sering kita sebut *rekening listrik*. [5]

2.5 PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM (*Pulse Width Modulation*) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, audio effect dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya.

Aplikasi PWM berbasis mikrokontroler biasanya berupa pengendalian kecepatan motor DC, pengendalian motor servo, pengaturan nyala terang LED dan lain sebagainya.

Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar Pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%) contoh gelombang PWM dan cara perhitungannya tercantum pada Gambar 2.1.[6]

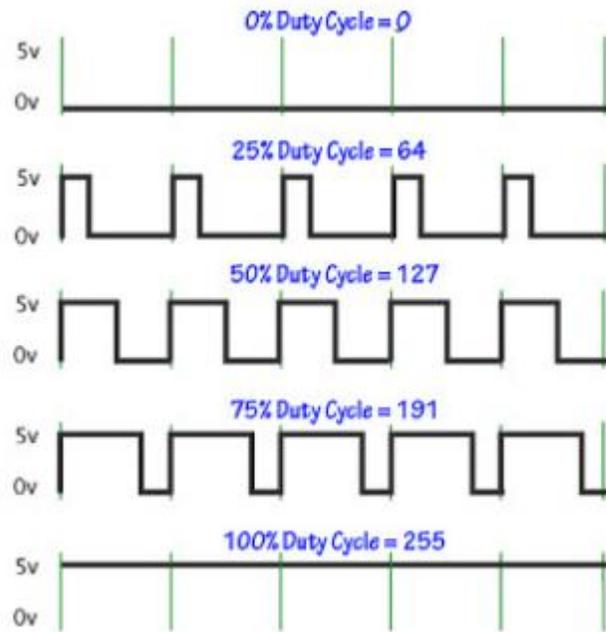


Gambar 2.1 Sinyal (*Pulse Width Modulation*) PWM

PWM (*Pulse Width Modulation*) merupakan salah satu teknik untuk mendapatkan signal analog dari sebuah piranti digital. Sebenarnya Sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan banyak cara, dapat menggunakan metode analog dengan menggunakan rangkaian op-amp atau dengan menggunakan metode digital. Dengan metode analog setiap perubahan PWM-nya sangat halus, sedangkan menggunakan

metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri. Resolusi adalah jumlah variasi perubahan nilai dalam PWM tersebut.

Misalkan suatu PWM memiliki resolusi 8 bit berarti PWM ini memiliki variasi perubahan nilai sebanyak $2^8 = 256$ variasi mulai dari 0 – 255 perubahan nilai yang mewakili duty cycle 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut, contoh perubahan nilai pulsa PWM tercantum pada Gambar 2.2.[6]



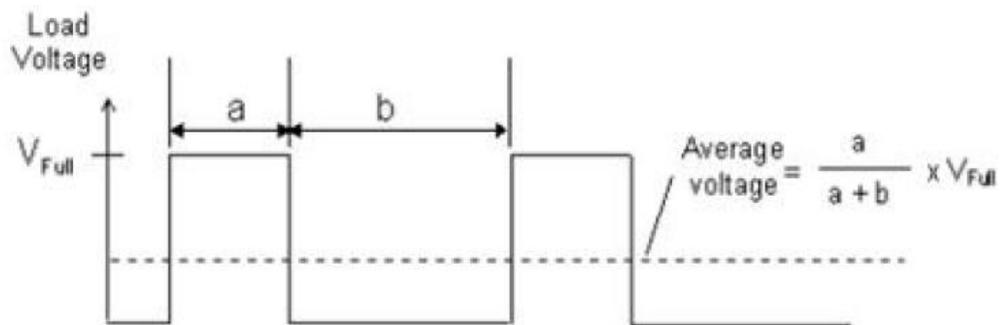
Gambar 2.2 Pulsa PWM

Dengan cara mengatur lebar pulsa “on” dan “off” dalam satu perioda gelombang melalui pemberian besar sinyal referensi output dari suatu PWM akan didapat *duty cycle* yang diinginkan. *Duty cycle* dari PWM dapat dinyatakan sebagai:

$$\text{Duty Cycle} = t_{\text{ON}} / (t_{\text{ON}} + t_{\text{OFF}}) \times 100\% \quad (2.5)$$

Duty cycle 100% berarti sinyal tegangan pengatur motor dilewatkan seluruhnya. Jika tegangan catu daya 100V, maka motor akan mendapat tegangan 100V. Pada *duty cycle* 50%, tegangan pada motor hanya akan diberikan 50% dari total tegangan yang ada, begitu seterusnya.

Untuk melakukan perhitungan pengontrolan tegangan output motor dengan metode PWM cukup sederhana sebagaimana dapat dilihat pada ilustrasi Gambar 2.3 di bawah ini.[6]



Gambar 2.3 Pengontrolan Tegangan Pulsa

Dengan menghitung *duty cycle* yang diberikan, akan didapat tegangan output yang dihasilkan. Sesuai dengan rumus yang telah dijelaskan pada gambar.

$$\text{Average Voltage} = (a / a + b) \times V_{\text{full}} \quad (2.6)$$

a = nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “on”.

b = nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “off”.

V_{full} = tegangan maksimum pada motor.

Average Voltage = tegangan output pada motor yang dikontrol oleh sinyal PWM.

Dengan menggunakan rumus diatas, maka akan didapatkan tegangan output sesuai dengan sinyal kontrol PWM yang dibangkitkan.[6]

2.6 IoT (*internet of things*)

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer.

Konsep "*A Things*" pada *Internet of Things* dapat didefinisikan sebagai subjek misalkan sebuah mobil yang telah dilengkapi *built-in* sensor untuk memperingatkan pengemudi ketika tekanan ban rendah. IoT paling erat hubungannya dengan komunikasi *machine-to-machine* (M2M) di bidang manufaktur dan listrik, perminyakan, dan gas. Produk dibangun dengan kemampuan komunikasi M2M yang sering disebut dengan sistem cerdas atau "smart". (contoh: smart label, smart meter, smart grid sensor).

Dengan semakin berkembangnya infrastruktur internet, maka kita menuju babak berikutnya, di mana bukan hanya smartphone atau komputer saja yang dapat terkoneksi dengan internet. Namun berbagai macam benda nyata akan terkoneksi dengan internet. Sebagai contohnya dapat berupa : mesin produksi, mobil, peralatan elektronik, peralatan yang dapat dikenakan manusia, dan termasuk benda nyata apa saja yang semuanya tersambung ke jaringan lokal dan global menggunakan sensor dan atau aktuator yang tertanam.[7]

Berbagai macam implementasi IoT adalah dalam kehidupan sehari-hari kita. Bahkan beberapa mungkin telah kita lakukan, hanya saja tidak terpikir bahwa itu adalah bagian dari IoT.

Berikut ini adalah beberapa manfaat dalam beberapa bidang, yakni :

1. Sektor Pembangunan
2. Sektor Energi
3. Sektor Rumah Tangga
4. Sektor Kesehatan
5. Sektor Industri
6. Keamanan
7. Perdagangan[7]

2.6.1 Mikrokontroler

Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menggabungkan memori dan peripheral didalam sebuah kemasan (*single-chip*). Mikrokontroler cocok digunakan untuk aplikasi kontrol. Seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan yang tinggi akan mikrokontroler maka perusahaan pembuat mikrokontroler mulai meningkatkan kemampuan dari mikrokontroler. Sehingga beberapa mikrokontroler diberi kemampuan untuk melakukan pekerjaan rumit seperti seperti pengolahan sinyal.

Kelebihan yang dapat dilihat dengan jelas dari mikrokontroler adalah pada kekuatan program yang disimpan didalamnya. Tanpa mikrokontroler, untuk melakukan perubahan disain kemungkinan besar akan menyolder ulang dengan komponen yang tepat dan apabila dengan menggunakan mikrokontroler hanya cukup

dengan mengubah programnya. Sebuah sistem mikrokontroler yang sama dapat digunakan untuk melakukan bermacam-macam pekerjaan bergantung pada program yang tertanam didalamnya. [8]

2.6.2 Memori

Memori digunakan sebagai tempat untuk menyimpan program, data dan stack. Program adalah kumpulan instruksi untuk mengerjakan suatu pekerjaan. Data adalah variabel-variabel yang nilainya dapat diubah saat program sedang berjalan. Stack digunakan untuk menyimpan alamat kembali (*return address*) dan juga dapat dipakai untuk menyimpan data.

Memori didalam mikrokontroler berukuran terbatas. Untuk itu kita harus tahu persis berapa kebutuhan memori yang akan digunakan. Kekurangan memori menyebabkan program anda tidak dapat berjalan dengan benar, terlalu banyak memori yang tidak dipakai juga menyebabkan biaya yang sia-sia. Berapa banyak memori yang disediakan didalam sebuah mikrokontroler dapat merujuk pada lembar data (*Datasheet*) mikrokontroler tersebut.[8]

2.6.3 ATmega

Mikrokontroller yang diproduksi oleh perusahaan ATMEL banyak digunakan oleh para pelajar atau mahasiswa. Dengan kemudahan pemrogramannya dan harganya yang cukup terjangkau menjadi alasan pemilihan mikrokontroller jenis ini. Pemrograman mikrokontroller diawali dengan penggunaan bahasa mesin yang lebih populer disebut dengan bahasa assembler. Bahasa assembler atau bahasa mesin memerlukan pemahaman yang sangat mendalam dikarenakan berhubungan langsung

dengan hardwarenya. Perubahan operating sistem pada komputer sangat mempengaruhi perkembangan bahasa pemrograman pada mikrokontroller. Pada saat ini ada beberapa macam bahasa pemrograman untuk mikrokontroller seperti basic dengan editor dan compiler bascom, c++, mikro pascal dll. Persaingan pasar bagi industri mikrokontroller sangat dipengaruhi oleh kemudahan pemrograman mikrokontroller tersebut beserta fungsi-fungsi pendukungnya. Faktor kedua adalah kemudahan untuk mendapatkan software compiler-nya. Pada saat ini sangat berkembang bahasa pemrograman yang berbasis open source. Dengan keterbukaan dari inti bahasa pemrograman suatu mikrokontroller maka bahasa pemrograman tersebut akan dapat berkembang dengan pesat.[9]