

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Studi Literatur

Energi listrik adalah salah satu energi yang sangat dibutuhkan saat ini. Oleh karena itu kebutuhan akan energi listrik di Indonesia akan terus meningkat baik dari sisi permintaan dan pemakaiannya. Konsumsi terbesar energi listrik di Indonesia selain dari rumah tangga, sektor industri pun memiliki konsumsi energi listrik yang besar dikarenakan Indonesia dalam upaya peningkatan perekonomian. Dari tahun ke tahun penjualan listrik dari PLN mengalami kenaikan yang cukup besar[1].

Kebutuhan pencahayaan pada suatu ruangan dapat diperoleh dari sistem pencahayaan buatan dan alami atau bisa juga kombinasi dari keduanya. Contoh dari pencahayaan buatan adalah lampu, lilin, dan lain-lainnya. Sedangkan untuk pencahayaan alami adalah dari sinar matahari. Dalam suatu ruangan sangat diperlukan kenyamanan penghuninya. Pada pencahayaan ruangan diperlukan beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan yaitu adalah kebutuhan listrik yang digunakan dan biaya pemeliharaan[2]. Dan juga karena biaya listrik yang pasti akan semakin mahal karena banyaknya kebutuhan dan juga penggunaan bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik itu sendiri masih menggunakan bahan bakar dari energi yang tidak terbarukan, oleh karena itu kita juga harus memperhatikan sistem pencahayaan yang digunakan agar lebih efisien dan hemat energi.

Diego Moya, Roberto Torres, dan Sascha Stegen[3] melakukan studi tentang praktik audit energi dengan mengumpulkan berbagai informasi dari berbagai lembaga lokal tentang praktik audit energi dengan menggabungkan analisis kebijakan dan program nasional Ekuador tentang praktik audit energi. Pada tahun 2017 Ekuador sedang melakukan pembangunan delapan pembangkit listrik tenaga air baru. Namun pembangunan pembangkit listrik ini tidak hanya fokus pada peningkatan produksi energi terbarukan tetapi juga fokus pada penggunaan secara efisien. jadi kerangka kerja kelembagaan berfokus untuk mempromosikan audit energi. Praktik audit energi internasional fokus pada kebijakan pemerintah, standar audit energi, peralatan, dan teknik yang diterapkan pada sistem panas, ventilasi dan pendingin udara (HVAC), pencahayaan dan isolasi. Hasil akhir yang didapatkan pada studi ini adalah berupa rekomendasi kebijakan berdasarkan pengalaman internasional untuk memfasilitasi praktik energi yang efektif di negara tersebut.

Salah satu upaya untuk melakukan penghematan energi bisa dilakukan pada sistem pencahayaan dengan memilih lampu yang lebih hemat energi. Yang dimana lampu itu masih dapat

berfungsi seperti biasa namun lebih menggunakan energi lebih sedikit atau dengan kata lain hemat energi[4].

## 2.2 Tinjauan Teori

Energi listrik merupakan energi yang memegang peran penting kedepannya di kehidupan manusia karena berdampak pada aktivitas sehari-hari yang membutuhkan energi listrik seperti kebutuhan pribadi, komersial dan juga industri.

### 2.2.1 Daya Listrik

Daya listrik adalah besarnya laju hantaran energi listrik yang terjadi pada rangkaian listrik. Daya listrik dibagi menjadi 3 macam yaitu :

#### A. Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang sesungguhnya dibutuhkan oleh beban dengan satuan daya W (watt) dan dirumuskan yaitu :

$$P = V \times I \times \cos \Phi \quad (2.1)$$

dimana:

P = Daya aktif (W)

Cos Phi = Faktor daya

#### B. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan untuk pembentukan medan magnet dengan satuan VAR (Volt ampere reaktif). Daya reaktif dirumuskan yaitu :

$$Q = V \times I \times \sin \Phi \quad (2.2)$$

dimana:

Q = Daya reaktif (Var)

Sin Phi = Faktor daya

#### C. Daya Semu

Daya semu adalah daya listrik yang menghilang saat melalui suatu penghantar transmisi atau distribusi dinyatakan dalam satuan VA (Volt-Ampere). Dan daya semu dirumuskan yaitu :

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

### 2.2.2 Konservasi Energi

Konservasi energi menurut UU nomor 70 tahun 2009 adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melastarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya[5]. Jadi dapat dibilang konsevari energi adalah kegiatan untuk menggunakan energi secara efisien dengan tidak menurunkan fungsi energi itu sendiri secara teknis tapi juga dapat memiliki tingkat ekonomi serendah-rendahnya sehingga masih dapat digunakan dan diterima oleh masyarakat

### 2.2.3 Audit Energi

Audit energi adalah suatu kegiatan suatu proses evaluasi pemanfaatan energi dan mengidentifikasi peluang penghematan energi serta melakukan rekomendasi peningkatan efisiensi energi pada suatu perusahaan, sekolah, universitas, rumah sakit, perkantoran dan lain-lain. Kegiatan yang dilakukan dalam audit energi adalah :

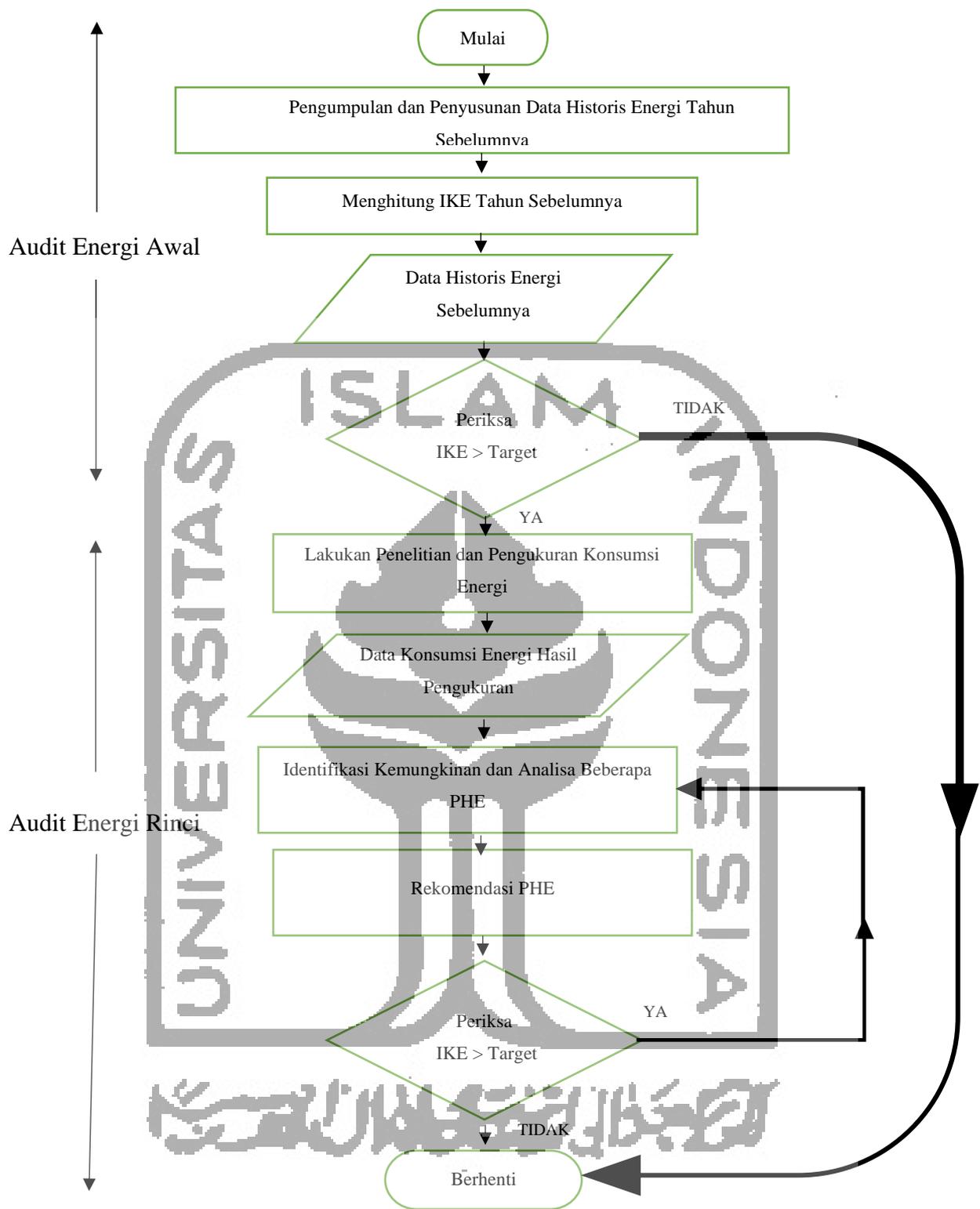
1. Audit energi awal

Kegiatan yang dilakukan pada audit energi awal adalah pengumpulan dan penyusunan data energi bangunan gedung dan menghitung besarnya IKE gedung.

2. Audit energi rinci (jika nilai IKE > target)

Penelitian dan pengukuran konsumsi energi





Gambar 2.1 Alur Proses Audit Energi

Berikut ini adalah beberapa istilah dan hal yang berkaitan dengan analisis perhitungan audit energi pada bangunan gedung sebagai berikut[6]:

- a. Konsumsi energi adalah besarnya pemakaian energi oleh suatu bangunan dalam periode waktu tertentu yang merupakan perkalian dari daya yang terpakai dan lamanya waktu pemakaian. Berikut adalah perhitungan secara teoritis :

$$K_e = D_t \times W_p \quad (2.4)$$

Dimana :

$K_e$  = pemakaian energi bangunan (kWh)

$D_t$  = daya yang digunakan oleh gedung (kW)

$W_p$  = lamanya waktu pemakaian (jam)

- b. Intensitas konsumsi energi (IKE) adalah perhitungan antara pemakaian daya energi bangunan dengan luasnya gedung, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$IKE = \frac{K_e}{L_b} \quad (2.5)$$

Dimana :

IKE = intensitas konsumsi energi bangunan (kWh/m<sup>2</sup>)

$K_e$  = pemakaian energi listrik bangunan (kWh)

$L_b$  = luas total bangunan (m<sup>2</sup>)

Nilai standar IKE menurut SNI 03-6197-2010 :

Tabel 2.1 Standar Intensitas Konsumsi Energi Listrik di Indonesia (SNI 03-6197-2010) [7]

No	Gedung	kWh/m <sup>2</sup> per tahun
1	Kantor ( komersial)	240
2	Hotel / apartemen	300
3	Pusat perbelanjaan	330
4	Rumah sakit	380

Tabel 2.2 Nilai Standar IKE Menurut Departemen Nasional Republik Indonesia

No	Kriteria	IKE (kWh/m <sup>2</sup> /tahun)
1	Sangat Efisien	50,04 – 95,04
2	Efisien	95,04 – 144,96
3	Cukup Efisien	144,96 – 174,96
4	Sedikit Boros	174,96 – 230,04
5	Boros	230,04 – 285
6	Sangat Boros	285 – 450

Tabel 2.3 Nilai Standar IKE Menurut Departemen Nasional Republik Indonesia[8]

No	Kriteria	Ruang ber-AC (kWh/m <sup>2</sup> /bulan)	Ruang tanpa AC (kWh/m <sup>2</sup> /bulan)
1	Sangat Efisien	4.17 s/d 7.92	0.84 s/d 1.67
2	Efisien	7.92 s/d 12.08	1.67 s/d 2.50
3	Cukup Efisien	12.08 s/d 14.58	-
4	Agak Boros	14.58 s/d 19.17	-
5	Boros	19.17 s/d 23.75	2.50 s/d 3.34
6	Sangat Boros	23.75 s/d 37.75	3.34 s/d 4.17

- c. Biaya energi listrik yang dikeluarkan oleh bangunan yang didapatkan dari perhitungan besarnya konsumsi energi listrik yang digunakan selama periode tertentu, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$B_e = \frac{B}{K_e} \quad (2.6)$$

Dimana :

$B_e$  = biaya energi listrik bangunan (Rp/kWh)

$B$  = biaya yang dikeluarkan oleh bangunan (Rp)

$K_e$  = konsumsi energi bangunan (kWh)

- d. Waktu pengembalian investasi adalah waktu yang diperlukan untuk menempuh suatu tindakan peluang hemat energi dalam satuan biaya sehingga dapat mengetahui berapa lama dalam mencapai modal suatu tindakan tersebut :

$$SPB = \frac{\text{Investasi pembeli alat (Rp)}}{\text{Penghematan yang dihasilkan perbulan (Rp)}} \quad (2.7)$$

## 2.2.4 Sistem Pencahayaan dan Sistem Pendingin Udara

Sistem pencahayaan adalah suatu sistem yang memajemen tata cahaya suatu bangunan yang mana dilihat dari dari dua macam sistem pencahyaan yaitu sistem pencahyaan alami dari sinar matahari dan sistem pencahayaan buatan dari selain alami contohnya seperti lampu.[9] Selain itu juga lampu dikelompokan berdasarkan jenis jenisnya lampu dibedakan menjadi beberapa kelompok antara lain :

### 1. Lampu Incandescent ( Lampu Pijar )

Jenis lampu incandescent (lampu pijar) akan memancarkan cahaya ketika ada arus listrik melewati dan memanaskan filamen kawat pijar pada lampu tersebut. Ada beberapa faktor yang mendasari pembuatan lampua pijar ini yaitu temperature filamen, campuran gas yang di isikan, efficacy (lm/W), dan umur lampu. Cara kerja lampu ini adalah dengan cara menghubungkan singkatkan arus listrik pada filament carbon © sehingga terjadi arus hubung singkat yang akan menimbulkan panas lalu panas yang terjadi akan dibuat hingga suhu tertentu sampai mengeluarkan cahaya

### 2. Lampu Halogen

Jenis lampu halogen termasuk dalam kelompok lampu pijar karena prinsip kerja dari lampu halogen ini ini juga karena memijarnya filament. Beberapa faktor yang mendasari dibuatnya lampu ini adalah karena untuk mengatasi masalah ukuran fisik dari lampu pijar yang dalam penggunaannya untuk lampu sorot,, lampu “side projector”, dan lampu “film projector”. Karena ada masalah penggunaan lampu seperti itu maka diperlukannya lampu yang berukuran fisik lebih kecil dari lampu pijar.

### 3. Lampu Fluorescent ( Lampu TL)

Lampu fluorescent( lampu TL) telah dikembangkan sejak tahun 1980. Cara kerja lampu ini adalah dengan menggunakan gas flour untuk menghasilkan cahaya, dimana arus listrik akan membangkitkan gas didalam tabung sehingga akan timbul sinar ultra violet. Lalu sinar ultra violet itu akan membangkitkan phosphors yang kemudian akan bercampur dengan mineral yang telah dilaburkan pada sisi bagian dalam tabung lampu yang akan menimbulkan cahaya.

### 4. Lampu Mercury

Lampu mercury termasuk dalam kelompok lampu fluorescent karena prinsip kerja lampu mercury ini menghasilkan cahaya dari loncatan elektron (elektron discharge) didalam tabung lampu. Lampu mercury memiliki 2 tabung yaitu tabung dalam dan tabung luar. Untuk tabung dalam diisi merkuri berguna menghasilkan radiasi ultraviolet dan gas argon yang

berfungsi untuk keperluan start. Sedangkan tabung luar berfungsi untuk rumah tabung dan menjaga kestabilan suhu di sekitar tabung.

#### **5. Lampu Sodium Tekanan Rendah (SOX)**

Lampu SOX ini juga termasuk dalam kelompok lampu tabung (lampu mercury dan lampu fluorescent) dikarenakan prinsip kerja yang sama yaitu dengan pelepasan electron (electron discharge) dalam tabung. Hal yang mendasari dibuatnya lampu SOX ini adalah karena untuk mencapai efficacy yang setinggi-tingginya yaitu sampai 200lm/watt. Cara kerja lampu SOX ini adalah jika rangkaian lampu dihubungkan dengan sumber arus bolak balik, maka arus akan mengalir melalui ballast dan sesudahnya ke lampu. Pada saat itu juga gas argon dan neon yang ada di dalam tabung lampu akan bekerja untuk menaikkan temperatur dalam tabung lampu, pada saat ini lampu akan mengeluarkan cahaya kemerah merahan. Lalu setelah beberapa menit panas dalam tabung akan mencapai temperature tertentu yang akan membuat sodium yang ada di dalam tabung lampu akan berubah menjadi uap lalu setelah itu akan terjadi pelepasan electron yang terjadi melalui uap sodium akan menimbulkan cahaya kekuningan (cahaya sebenarnya).

#### **6. Lampu Sodium Tekanan Tinggi (SON)**

Lampu SON termasuk dalam kelompok lampu tabung karena pencahayaan dari lampu SON juga terjadi karena pelepasan electron (electron discharge) yang terjadi di dalam tabung lampu. Perbedaan lampu SON dan lampu SOX adalah pada tekanan gas di dalam tabung lampu. Untuk lampu SON tekanan gas nya berada pada 1/3 atmosfer (250mm merkuri) sedangkan pada lampu SOX tekanan gasnya berada pada 10-3mm merkuri. Cara kerja lampu SON sama dengan cara kerjanya lampu SOX.

#### **7. Lampu LED**

Lampu LED sistem pencahayaannya menggunakan LED. LED adalah sejenis diode semikonduktor istimewa. LED terdiri dari sebuah chip bahan semikonduktor. Chip tersebut diisi penuh dengan ketidakmurnian untuk menciptakan sebuah struktur yang disebut p-junction. Pembawa muatan electron dan lubang mengalir ke junction dari electrode dengan voltase berbeda. Lalu ketika electron bertemu dengan lubang, electron tersebut akan jatuh ke tingkat energy yang lebih rendah dan melepas energy dalam bentuk photon.

Ada 3 aspek yang dilihat dalam sistem pencahayan yang baik yaitu ; kualitas, kuantitas, dan efisien konsumsi energi listrik.

Tabel 2.4 Standar Tingkat Pencahayaan Menurut Ruangan[10] dan Daya Listrik Maksimum[7]

No	Ruangan	Tingkat Pencahayaan (LUX)	Daya Pencahayaan Maksimum Termasuk Rugi-Rugi Ballast (Watt/m <sup>2</sup> )
1	Ruang Rawat Inap	250	15
2	Ruang Operasi, Ruang Bersalin	300	10
3	Ruang Tunggu	200	12
4	Laboratorium	500	15
5	Ruang Rekreasi dan Rehabilitasi	250	10
6	Koridor	Minimal 100	9
7	Ruang Kantor Staff	350	-
8	Kamar Mandi	200	-

Dalam suatu ruangan pastinya memiliki daya listrik maksimum yang berbeda sesuai fungsi kebutuhan suatu ruangan yang digunakan. Maka dari itu dapat diketahui bahwa daya listrik maksimum suatu ruangan dapat diketahui melalui SNI 03-6197-2010 yang diatur pada fungsi ruangan bangunan rumah sakit.

Tabel 2.5 Standar Daya Listrik Maksimum Untuk Pencahayaan di Rumah Sakit[11]

No	Fungsi Ruangan	Daya Pencahayaan Maksimum Termasuk Rugi – Rugi Balast (W/m <sup>2</sup> )
1	Ruang Pasien	15
2	Gudang	5
3	Kafetaria	10
4	Garasi	2
5	Restoran	25
6	Lobby	10
7	Tangga	10
8	Ruang Parkir	5
9	Ruang Perkumpulan	20
10	Industri	20

Untuk mendapatkan hasil daya maksimum pencahayaan secara nyata digunakan perhitungan sebagai berikut :

Jumlah *luminer* dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Jumlah luminer (N)} = \frac{\text{Luminans rata-rata} \times A}{K_p \times \text{Jumlah lampu} \times \text{lumen} \times K_d} \quad (2.8)$$

Dan daya pencahayaan maksimum pada suatu ruangan dirumuskan sebaga berikut:

$$\text{Daya maksimum} = \frac{N \times \text{Jumlah lampu} \times P_{\text{per lampu}}}{A} \quad (2.9)$$

Untuk menghitung kebutuhan lumen diruangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Lumen} = \text{Lux} \times \text{Luas ruang} \quad (2.10)$$

Dimana :

N= jumlah luminer

$K_p$  = faktor pemanfaatan (50 – 65 %)

$K_d$  = faktor rugi cahaya (0,7 – 0,8)

lumen = kuantitas cahaya pada lampu (spesifikasi lampu)

$P_{\text{per lampu}}$  = energi listrik yang digunakan pada lampu (W/lampu)

A = luas ruangan ( $m^2$ ).

Lux = standar lux yang sudah ditetapkan setiap ruangan oleh SNI

Tabel 2.6 Standar Suhu, Kelembapan, dan Tekanan Udara Menurut Fungsi Ruang Atau Unit [12]

No	Ruang	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Tekanan
1	Operasi	19 – 24	45 – 60	Positif
2	Bersalin	24 – 26	45 – 60	Positif
3	Pemulihan/Perawatan	22 – 24	45 – 60	Seimbang
4	Observasi bayi	21 – 24	45 – 60	Seimbang
5	Perawatan bayi	22 – 26	35 – 60	Seimbang
6	Perawatan prematur	24 – 26	35 – 60	Positif
7	ICU	22 – 23	35 – 60	Positif
8	Jenazah/Autopsi	21 – 24	-	Negatif
9	Penginderaan medis	19 – 24	45 – 60	Seimbang
10	Laboratorium	22 – 26	35 – 60	Negatif
11	Radiologi	22 – 26	45 – 60	Seimbang
12	Sterilisasi	22 – 30	35 – 60	Negatif
13	Dapur	22 – 30	35 – 60	Seimbang

14	Gawat Darurat	19 – 24	45 – 60	Positif
15	Administrasi, pertemuan	21 – 24	-	Seimbang
16	Ruang luka bakar	24 – 26	35 – 60	Positif

### 2.2.5 Arduino IDE

IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan sebuah perangkat lunak yang terdiri dari *Editor* program, *compiler*, *uploader*. *Editor* program adalah sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam kode program. Lalu *compiler* adalah sebuah modul yang berfungsi untuk mengubah kode program menjadi kode biner. Sedangkan *uploader* adalah sebuah modul yang berfungsi untuk memuat kode biner dari komputer ke dalam arduino.

### 2.2.6 Arduino UNO R3

Arduino adalah pengendali mikro yang dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardware Arduino memiliki prosesor Atmel AVR dan softwarena memiliki Bahasa pemrograman tersendiri.

