

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 *State Of the Art***

Penelitian terdahulu menjelaskan bahwa untuk mencari nilai lumen suatu ruangan dapat dilakukan dengan mengalikan luas ruangan dalam satuan meter<sup>2</sup> dengan nilai standar lux dari ruangan tersebut. Penelitian ini menyebutkan bahwa nilai lux adalah nilai standar yang telah ditetapkan pemerintah. Penelitian ini menjelaskan detail bagaimana mencari nilai lumen dari luas ruangan. Namun penelitian ini menggunakan metode perhitungan manual sehingga kegiatan pengukuran tidak efektif [2].

Penelitian terdahulu menjelaskan bahwa satuan tenaga kuda atau PK (*Paard Kracht*) dalam sistem AC merujuk pada kapasitas daya kompressor AC, bukan menunjukan pada kapasitas pendinginan AC. Kapasitas pendinginan AC satuannya adalah BTU/h (*British Thermal Unit*). Penelitian ini menjelaskan untuk menghitung BTU sesuai ukuran ruangan adalah mengalikan volume suatu ruangan dengan nilai insulasi dan nilai arah hadap dinding terpanjang ruangan tersebut. Kelebihan penelitian ini adalah memberikan rumus lengkap untuk menghitung BTU, namun tidak menjelaskan perhitungan *exhaust fan* dan sistem pencahayaan serta bukan alat yang dapat menghitung otomatis [10].

Penelitian terdahulu menjelaskan cara menghitung kebutuhan *exhaust fan* pada suatu ruangan. Penelitian ini menjelaskan rumus mencari kebutuhan *exhaust fan* adalah mengalikan volume ruangan dengan standar pergantian udara per jam (CMH) pada ruangan tersebut. Kelebihan penelitian ini menjelaskan bahwa pergantian udara per jam pada setiap ruangan memiliki standar yang berbeda. Namun pada penelitian ini tidak menjabarkan standar mana yang menjadi acuan nilai CMH yang digunakan [12].

Penelitian sebelumnya membuat perancangan alat yang dapat mengukur volume ruangan (panjang x lebar x tinggi) secara otomatis digerakkan oleh motor dan memiliki sistem perhitungan berapa kebutuhan daya AC pada ruangan tersebut. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino uno dan sensor TF Mini LiDAR. Kekurangan penelitian ini menghasilkan alat yang hanya bisa menghitung

kebutuhan daya AC, tapi tidak bisa melakukan perhitungan kebutuhan *exhaust fan* dan nilai lumen [13].

Penelitian terdahulu menghasilkan alat penghitung lumen secara otomatis dengan input panjang dan lebar suatu ruangan berasal dari sensor. Penelitian ini membuat alat yang dapat memudahkan proses penghitungan kebutuhan lumen suatu ruangan. Rancangan alat yang dibuat menggunakan mikrokontroler Arduino Uno, dan menghasilkan sistem yang bekerja dengan sempurna, namun penelitian tersebut hanya bisa menghitung sistem pencahayaan, tidak dengan pengkondisian udara seperti *air conditioner* dan *exhaust fan* [14].

Penelitian sebelumnya merancang alat yang dapat mengukur volume ruangan (panjang x lebar x tinggi) dan memiliki sistem perhitungan berapa kebutuhan daya AC pada ruangan tersebut. Kekurangan penelitian ini menghasilkan alat yang hanya bisa menghitung kebutuhan daya AC, tapi tidak bisa melakukan perhitungan kebutuhan *exhaust fan* dan nilai lumen [15].

Penelitian terdahulu menjelaskan rumus mencari rekomendasi daya lampu jika sudah diketahui nilai lumennya adalah dengan membagi nilai lumen tersebut dengan besar *luminous efficacy* dari jenis lampu yang diinginkan. Penelitian ini menjelaskan jika berbeda jenis lampu maka besar daya yang digunakan juga berbeda. *Luminous efficacy* dari lampu LED adalah 90 [16].

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Sistem Pencahayaan**

Sistem pencahayaan bangunan gedung untuk mencapai laik fungsi harus memenuhi nilai iluminasi setiap ruangan sesuai dengan jenis pemanfaatannya yang diatur pada SNI 6197:2011 [17]. Tercapainya tingkat pencahayaan yang nyaman akan meningkatkan produktivitas pengguna bangunan gedung [18]. Satuan yang digunakan dalam menghitung intensitas cahaya adalah lumen dan lux [19].

Lumen adalah tingkat cahaya yang berasal dari sumber cahaya sedangkan lux adalah nilai hasil akhir jatuhnya cahaya. Lux merupakan perhitungan cahaya pada suatu ruangan [19]. Lux juga dapat didefinisikan sebagai lumen per satuan. Lux (*luminous flux*) adalah total cahaya yang menunjukkan intensitas pencahayaan pada suatu permukaan tertentu. Lumen merupakan tingkat cahaya yang berasal dari suatu sumber cahaya, berbanding lurus dengan iluminasi (lux) dikalikan dengan luas area ( $m^2$ ) [16].

Cahaya akan semakin redup seiring dengan bertambahnya luasan area yang disinari. Daya ( $W$ ) yang dikirimkan oleh suatu sumber cahaya berbanding lurus dengan iluminasi,  $E$  (lux) dikalikan dengan luas area ( $m^2$ ) dibagi dengan luminous efficiency,  $\eta(lm/W)$ , dapat pula diperoleh dengan membagi intensitas penyinaran (lumen) dengan  $\eta(lm/W)$  *luminous efficacy* [16].

### 2.2.2 Perhitungan Lumen

Lumen merupakan tingkat cahaya yang berasal dari suatu sumber cahaya, berbanding lurus dengan iluminasi (lux) dikalikan dengan luas area ( $m^2$ ). Perhitungan lumen mengacu rumus pada Persamaan (1) [16]:

$$Lumen = Panjang \times Lebar \times Lux \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- P : Panjang Ruangan (meter).
- L : Lebar Ruangan (meter).
- Lux : Standar Pencahayaan.

Standar pencahayaan (lux) sesuai SNI mengacu pada :

Tabel 2. 1 Standar Pencahayaan sesuai SNI 6197:2011

Jenis Ruangan	Lux
Ruang Kelas	350
Lobby, Koridor	100
Gudang Arsip	150
Ruang Sidang	200
Kantin	200
Laboratorium	500
Ruang Komputer	500

Daya (W) yang dikirimkan oleh suatu sumber cahaya berbanding lurus dengan iluminasi, E (lux) dikalikan dengan luasan area (m<sup>2</sup>) dibagi dengan *luminous efficacy*,  $\eta$ (lm/W), dapat pula diperoleh dengan membagi intensitas penyinaran (lumen) dengan  $\eta$ (lm/W) *luminous efficacy*. Perhitungan daya lampu LED mengacu rumus pada Persamaan (2) [16]:

$$\text{Daya LED} = \text{Lumen} \div \eta(\text{lm/W}) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- Lumen : Tingkat Cahaya (lumen).  
 Daya LED : Energi lampu jenis LED (watt).  
 $\eta$ (lm/W) : *Luminous efficacy* ( lm/W)

Tabel 2. 2 Nilai *Luminous efficacy* berbagai jenis lampu [16].

Jenis Lampu	<i>Luminous Efficacy</i> (lumens/watt)
Tungsten Incandescent <i>Light Bulb</i>	17.5
Halogen <i>Lamp</i>	24
Fluorescent <i>Lamp</i>	75
LED <i>Lamp</i>	100

### 2.2.3 Pengkondisian Udara

Pengkondisian udara suatu ruangan bertujuan mencapai kondisi temperatur, dan distribusi udara dalam suatu ruangan dapat dikelola pada kondisi yang diinginkan. Sistem pengkondisian udara dapat berupa sistem pemanasan, pendinginan, serta ventilasi. Proses pengkondisian udara berupa pendinginan umum digunakan di Indonesia. Pendingin udara berfungsi untuk mencapai kondisi nyaman bagi pengguna ruangan [20]. Alat bantu pendingin udara dapat berupa *exhaust fan* atau *air conditioner*.

### 2.2.4 Perhitungan Kapasitas Air Conditioner

Teknologi mesin pendingin atau *Air Conditioner* dapat menjadi salah satu langkah untuk mencapai kenyamanan *thermal*. Ada tiga faktor yang perlu diperhatikan pada saat menentukan kebutuhan AC pada suatu ruangan, yakni daya pendingin AC (BTU/hr atau *British Thermal Unit*

per hour), daya listrik yang dipakai (watt), dan PK compressor AC. BTU (*British Thermal Unit*) adalah besaran daya pendingin AC. BTU ditentukan oleh volume ruangan dalam satuan  $\text{feet}^3$ , kondisi ruangan tersebut apakah berinsulasi atau tidak serta kearah mana jendela menghadap apakah timur, barat, selatan atau utara [20][21].

Rekomendasi daya AC pada suatu ruangan dapat dicari dengan mendapatkan nilai BTU. BTU dapat dicari dengan mengalikan volume ruangan dalam satuan  $\text{feet}^3$  dengan konstanta I dan E kemudian dibagi 60. Rumus mencari BTU secara lengkap dapat dilihat pada Persamaan (3) [21]:

$$BTU = (P \times L \times T \times I \times E) \div 60 \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

- P : Panjang ruangan (meter).  
 L : Lebar ruangan.  
 T : Tinggi ruangan (meter).  
 I :
  - 10 untuk ruangan berinsulasi (terhimpit oleh ruangan lain atau berada di lantai bawah)
  - 18 untuk ruangan yang tidak berinsulasi (ruangan pada lantai atas).  
 E : Nilai berdasarkan arah hadap jendela.  
  - 16 = hadap utara.
  - 17 = hadap timur.
  - 18 = hadap selatan.
  - 20 = hadap barat.

Satuan BTU/h terdengar asing bagi masyarakat karena secara umum *air conditioner* lebih dikenal dengan satuan PK (*Paard Kracht/Daya Kuda/Horse Power*). PK pada *air conditioner* adalah satuan daya pada *compressor* AC bukan daya pendingin AC namun PK lebih dikenal ketimbang BTU/hr sehingga dipasaran *air conditioner* dijual dalam berbagai PK [21]. Sebanyak  $\pm 9000$  BTU/h adalah 1 PK [22]. Penentuan nilai PK berdasarkan BTU ada pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Nilai PK AC berdasarkan BTU [21][22].

PK AC	BTU/h
AC 1/2 PK	± 5000 BTU/h
AC 3/4 PK	± 7000 BTU/h
AC 1 PK	± 9000 BTU/h
AC 1 1/2 PK	± 12000 BTU/h
AC 2 PK	± 18000 BTU/h
AC 2 1/2 PK	± 24000 BTU/h
AC 3 PK	± 28000 BTU/h
AC 3 1/2 PK	± 32000 BTU/h
AC 4 PK	± 36000 BTU/h
AC 5 PK	± 45000 BTU/h
AC 6 PK	± 54000 BTU/h
AC 7 PK	± 61000 BTU/h

### 2.2.5 Perhitungan Exhaust Fan

Selain *Air Conditioner*, alat bantu sistem pengkondisian udara sebuah ruangan bisa berupa *Exhaust Fan*. *Exhaust Fan* dirancang untuk memperlancar sirkulasi udara pada ruangan yang membutuhkan sirkulasi udara tetapi tidak memerlukan AC. Prinsip kerja exhaust fan adalah menyedot udara didalam ruangan sehingga udara segar dari luar ruangan mengalir kedalam ruangan tersebut. Penggunaan *exhaust fan* juga memiliki kelebihan lain yaitu usia aset yang lebih lama dan harga *exhaust fan* lebih murah daripada AC [23].

Pemilihan ukuran *Exhaust Fan* adalah dengan menentukan CMH (*Cubic Meter Hour*) atau kebutuhan sirkulasi udara di dalam ruang. CMH didapatkan dengan mengalikan ACH (*Air Changer Per Hour*) atau pergantian udara per jam dengan volume ruangan [12]. Besar ACH (*Air Changer Per Hour*) memiliki nilai yang berbeda pada setiap ruangan. Rumus menghitung CMH (*Cubic Meter Hour*) mengacu rumus

Persamaan (4):

$$CMH = P \times L \times ACH \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

- CMH (*Cubic Meter Hour*) : Kebutuhan sirkulasi udara di dalam ruang m<sup>3</sup>.  
 ACH (*Air Changer Per Hour*) : Pergantian udara per jam.  
 P : Panjang Ruangan (meter).  
 L : Lebar Ruangan (meter).

Standar nilai ACH untuk berbagai ruangan sesuai ketentuan *Hygienis Laboratories* di Jepang dan *ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)* ada pada Tabel 2.4. Nilai standar ACH ini dapat dijadikan acuan untuk mendapatkan rekomendasi daya *exhaust fan* di suatu ruangan.

Tabel 2. 4 Nilai ACH berdasarkan jenis ruangan

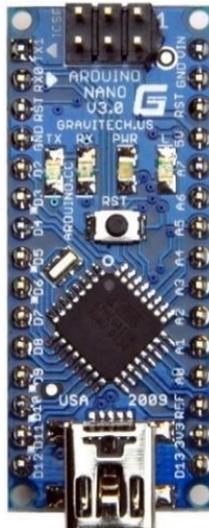
Jenis Ruang	Nilai ACH
Ruang Kelas	4
Toilet	10
Perpustakaan	4
Ruang Arsip	6
Gudang	5
Musholla	7
Ruang Rapat	3
Laboratorium	9
Ruang Komputer	9

### 2.2.6 Arduino Nano

Arduino nano adalah kontroler yang digunakan alat hitung nilai lumen dan sistem pengkondisian udara. Arduino nano sudah memiliki fasilitas yang dapat digunakan untuk melakukan komunikasi dengan komputer. Arduino Nano mudah diprogram dengan menggunakan perangkat lunak Arduino IDE yang dilengkapi dengan serial monitor [24]. Mikrokontroler pada Arduino nano adalah Atmel ATmega328[24].

Tabel Spesifikasi Arduino Nano [24].

Spesifikasi	Detail
Tegangan input	7V - 12V
Digital I/O pin	14
Analog input pin	8
Tegangan operasi	5V
Arus DC per I/O Pin	40 mA



Gambar 2. 1 Arduino Nano [24].

### 2.2.7 Sensor TF Mini Lidar

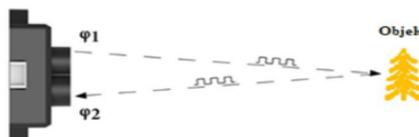
LiDAR (*Light Detection and Ranging*) adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk memindai jarak menggunakan sebuah optik yang berfungsi untuk mengukur jenis cahaya yang akan dipantulkan pada objek untuk mendapatkan suatu jarak dari target tersebut. Jarak deteksi maksimum TF Mini adalah 12 meter dengan akurasi pengukuran 1% (rentang 0,3 m – 6 m) 2% (rentang 6 m – 12 m). Sensor LiDAR memiliki prinsip kerja berdasarkan *time of flight* (ToF) yaitu mengakulasi jarak objek berdasarkan lamanya waktu pantulan [25] [26].

Sensor LiDAR mendapatkan *Time of Flight* dengan melakukan pengukuran terhadap beda fase bolak-balik lalu kemudian menghitung jarak relatif antara sensor dengan objek yang dideteksi. Sensor LiDAR akan bekerja mengirimkan gelombang laser berupa inframerah. Gelombang inframerah yang dihasilkan kemudian termodulasi pada periode waktu tertentu, kemudian memantulkan cahaya ketika mengenai suatu objek [26].

Pengukuran jarak sensor TF-Mini LiDAR memiliki akurasi yang berbeda ketika diuji dengan variasi jarak, warna, sudut kemiringan, dan bahan permukaan dari objek yang dideteksi yang berbeda. Kinerja sensor LiDAR dalam posisi miring dengan sudut tertentu akan menghasilkan nilai pembacaan yang berbeda-beda. Sensor TF Mini LiDAR membutuhkan catu daya 5V sehingga kompatibel dengan Arduino nano yang memiliki tegangan keluaran 5V. Pemakaian daya sensor ini adalah 0,02mA [26]. Sensor TF Mini LiDAR memiliki 4 pin yaitu VCC, Ground, Tx dan RX.



Gambar 2. 2 Sensor TF Mini LiDAR [26].



Gambar 2. 3 Prinsip *Time of Flight* (ToF) [26].

### 2.2.8 Modul TP4056

Modul TP4056 adalah sebuah modul untuk *charging* Baterai 18650 dengan arus *charging* 1A. Modul TP4056 memanfaatkan sambungan USB dari adaptor atau perangkat lainnya. Modul *charger* TP4056 memiliki dua LED indikator, yaitu LED berwarna merah yang menandakan mode pengisian baterai / *charging* dan LED berwarna hijau yang menandakan mode penuh / *full charge*. Modul TP4056 yang digunakan sudah dilengkapi dengan proteksi untuk melindungi baterai dari *charger* berlebih.

Pin keluaran modul TP4056 terdapat 4 yaitu 2 Pin untuk ke baterai dan 2 pin untuk ke rangkaian. Pin B+ ke kutub positif baterai, pin B- ke kutub negative baterai, pin Out+ ke positif rangkaian dan pin Out- ke negative rangkaian. Proteksi pada modul TP4056 memungkinkan *supply* langsung tegangan 5 V yang berasal dari modul *charger* ketika baterai sudah dalam kondisi penuh [27].



Gambar 2. 4 Modul TP4056 [267].

### 2.2.9 Baterai 18560

Baterai ion lithium adalah salah satu teknologi yang banyak digunakan untuk sumber daya peralatan elektronik hingga kendaraan listrik. Baterai ion lithium memiliki kelebihan untuk melakukan pengisian ulang sehingga tidak perlu mengganti dengan baterai baru ketika habis dayanya [28]. Baterai yang digunakan adalah baterai dengan kapasitas 3200 mAh. Tegangan keluaran baterai yang digunakan adalah 3,7 V. Kebutuhan daya Arduino nano adalah minimal 7 V, sehingga tegangan keluaran baterai akan dinaikan tegangannya menggunakan modul *step up*.



Gambar 2. 5 Baterai 18650  
Sumber : Dok. pribadi 2023

### 2.2.10 Perhitungan Baterai

Rumus untuk mencari waktu pemakaian baterai ada pada persamaan (5) [29].

$$\text{Pemakaian Baterai} = \frac{\text{Kapasitas Baterai (Ah)}}{\text{Arus Kerja (Ah)}} \dots\dots\dots(5)$$

Rumus untuk mencari lama waktu pengisian baterai ada pada persamaan (6) [29].

$$\text{Pengisian} = \frac{\text{Kapasitas Baterai (Ah)}}{\text{Arus Charging (Ah)}} + (20\% \times \frac{\text{Kapasitas Baterai (Ah)}}{\text{Arus Charging (Ah)}}) \dots(6)$$

### 2.2.11 Modul XL6009

Modul XL6009 merupakan regulator *switching* yang memberikan tegangan *output* lebih besar daripada tegangan input. Modul XL6009 memungkinkan proses menaikkan tegangan dengan proses yang mudah. Input tegangan Modul XL6009 adalah 3,5V-18V dan keluarannya adalah 4V-24V [29]. Modul XL6009 digunakan untuk menaikkan tegangan keluaran baterai yang sebesar 3,7V ke 7V untuk Vin Arduino nano.



Gambar 2.6 Modul XL6009 [29]

### 2.1.12 Modul I2C dan Liquid Crystal Display (LCD)

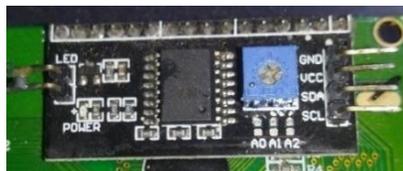
*Liquid Crystal Display* (LCD) adalah komponen elektronika yang berfungsi sebagai piranti untuk menampilkan suatu data keluaran. LCD mampu menampilkan karakter, huruf, angka atau grafik. LCD yang digunakan adalah LCD 20x4. LCD 20x4 berarti LCD ini bisa menampilkan 20 karakter di setiap baris dengan total 4 baris. LCD digunakan bersamaan dengan modul I2C. Modul I2C berguna untuk menyederhanakan sambungan kabel ke pin Arduino nano. LCD yang dipasangkan dengan modul I2C ini, meringkas pin Arduino yang digunakan menjadi hanya 2 yaitu A4 dan A5 [30].

**Tabel 2. 2 Spesifikasi LCD**

Spesifikasi	Detail
Komunikasi	Serial I2C
Tegangan Input	3 – 7 V
Format Tampilan	4 Baris x 20 karakter
Pengaturan Kecerahan	Potensiometer
Arus Kerja	100mA



Gambar 2. 6 LCD 20x4  
Sumber: Dok. Pribadi 2023



Gambar 2. 7 Modul I2C  
Sumber: Dok. Pribadi 2023