

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Tinjauan Pustaka berisikan mengenai pengumpulan informasi berupa rangkuman dari beberapa penelitian terdahulu yang memiliki korelasi dengan penelitian yang sedang dilakukan. Pada bagian ini juga menjelaskan mengenai pemilihan solusi dan metode yang digunakan dalam penelitian tersebut.

##### **2.1.1. Penelitian Terdahulu**

Listrik merupakan salah satu sumber energi primer yang tidak dapat dilepaskan dari kebutuhan hidup manusia. Energi listrik disediakan oleh sebuah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang tidak lain adalah Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang mendistribusikan energi ke setiap pelosok di negeri ini. Umumnya energi listrik dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti rumah tangga, perkantoran, sekolah, pabrik, hingga hotel, serta fasilitas 6okope lainnya. Sebagai pengguna fasilitas energi listrik, rakyat diwajibkan untuk membayar tagihan bulanan yang berpacu pada peraturan perundang-undangan mengenai konsumsi energi listrik berdasarkan penggunaannya.

Untuk mengukur besaran energi yang dikonsumsi selama periode waktu tertentu dibutuhkan sebuah sensor. Dengan adanya sensor membuat sebuah sistem menjadi terotomasi dan pekerjaan menjadi lebih efisien dalam upaya proses pengambilan data. Seperti halnya beberapa penelitian terdahulu yang memanfaatkan sensor sebagai alat untuk melakukan pengukuran dan pengambilan sebuah data secara otomatis.

Pada penelitian mengenai Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara *Real Time* Berbasis Mikrokontroler menurut Temy Nusa dkk (2015), penggunaan sensor ACS712 bertujuan untuk mengukur arus beban dan mikrokontroler Atmega 328 berfungsi sebagai pengolah data dari beberapa parameter. Pengujian energi listrik dilakukan dengan tujuan mengukur besaran arus bolak-balik pada lampu dengan berbagai merk. Pentingnya kalibrasi sensor arus yaitu membandingkan tingkat akurasi pada sensor terkait dengan multimeter sebagai acuan dasar dalam penelitian ini.

Penelitian milik Hadiyanto dan Suhaedi (2020) mengenai Evaluasi Intensitas Konsumsi Energi Listrik Kampus Politeknik Negeri Balikpapan membahas

mengenai langkah untuk mengetahui profil konsumsi energi listrik pada sebuah bangunan beserta upaya penghematan energinya. Hasil audit energi listrik yang diukur berdasarkan ruangan selama satu hari kemudian dilakukan rekap data dan analisa mengenai upaya penghematan energi di lingkungan Politeknik Negeri Balikpapan.

Jurnal karya Effendi dan Miftahul (2016) yang berjudul Evaluasi Intensitas Konsumsi Energi Listrik Melalui Audit Awal Energi Listrik membahas mengenai konsumsi energi listrik pada sebuah bangunan. Pada penelitian ini untuk mengukur besaran energi listrik membutuhkan data berupa luas bangunan gedung dan data penggunaan energi serta anggaran yang dikeluarkan setiap periode tertentu untuk kebutuhan energi tersebut. Dengan menggunakan metode perhitungan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) maka hasil yang diperoleh dapat dijadikan sebagai acuan dalam upaya mempertimbangkan peluang dalam menghemat energi listrik.

Untuk mengukur sebuah energi listrik, dibutuhkan beberapa parameter seperti arus, tegangan, dan beda fasa. Ketiga aspek tersebut dapat dihadirkan dalam sebuah alat berupa sensor PZEM-004T yang sudah dilengkapi dengan mikrokontroler untuk pengambilan data. Hal tersebutlah yang merupakan tujuan dari penelitian Salwin Anwar dkk (2019) yang berjudul Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T.

Salah satu cara untuk memantau konsumsi energi listrik yaitu dengan menggunakan database sebagai tempat penyimpanan data yang berhasil terekam oleh sensor. Peneliti Irwan dan Wahri (2015) dengan jurnal berjudul Implementasi Wireless Monitoring Energi Listrik Berbasis Web Database menjelaskan mengenai pemanfaatan web database sebagai fitur untuk memantau konsumsi energi listrik. Data yang terekam oleh sensor dan tersimpan di web database dapat dianalisa dan diolah sewaktu-waktu.

Penulis Melipurbowo (2016) dengan jurnal Pengukuran Daya Listrik *Real Time* dengan Menggunakan Sensor Arus ACS.712 menjelaskan mengenai konsumsi energi listrik yang dilakukan dengan sensor dan dapat berkomunikasi secara cepat. Proses komunikasi ini dilakukan oleh sensor arus sebagai input data dan sebuah server yang memiliki database untuk menyimpan data secara *real time*.

Sebuah jurnal penelitian yang berjudul Sistem Monitoring KWH Meter Berbasis PC Dilengkapi dengan Program Penghitung Biaya Listrik karya Arifin dan Haendra

(2014) menjelaskan mengenai control penggunaan listrik yang dilengkapi program untuk melakukan perhitungan biaya listrik. Pengukuran data besaran energi yang dihasilkan pada penelitian ini menggunakan sensor power dengan berkalibrasi pada Avometer. Prototype yang tercipta mampu memantau tegangan, arus, frekuensi, daya, dan energi sebagai input data.

Sensor *optocoupler* yang dikombinasikan dengan mikrokontroler AT89S52 memiliki fungsi untuk melakukan perhitungan jumlah pemakaian energi listrik. Jurnal ilmiah karya Mery dan Rizal (2012) dengan judul Alat Mengukur Pemakaian Energi Listrik Menggunakan Sensor Optocoupler dan Mikrokontroler AT89S52 memiliki tujuan dalam melakukan perancangan dan pembuatan produk yang mampu mengukur konsumsi energi listrik. Tidak hanya itu, perhitungan biaya penggunaan energi juga dapat tertampil pada 8okop LCD. Tabel 2.1 menampilkan rekap hasil tinjauan pustaka dari beberapa jurnal ilmiah.



**Tabel 2.1. Rekap Tinjauan Pustaka**

Judul	Tahun Terbit	Penulis	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Permasalahan	Hasil Penelitian
Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara <i>Real Time</i> Berbasis Mikrokontroler	2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temy Nusa</li> <li>• Sherwin R.U.A. Sompie, ST., MT</li> <li>• Dr. Eng Meita Rumbayan, ST., MT.</li> </ul>	Manajemen listrik supaya dapat memonitor dan membatasi penggunaan peralatan elektronik.	Perancangan prototype yang berfungsi untuk monitoring penggunaan energi listrik.	Penggunaan energi listrik yang boros.	Alat berbasis mikrokontroler yang mampu mengukur daya dengan presisi.
Evaluasi Intensitas Konsumsi Energi Listrik Kampus Politeknik Negeri Balikpapan	2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hadiyanto</li> <li>• Suhaedi</li> </ul>	Mengetahui profil penggunaan energi listrik dan upaya efisiensi energi yang dapat dilakukan.	Analisa perhitungan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) di setiap ruangan pada Politeknik Negeri Balikpapan.	Peningkatan penggunaan energi listrik untuk berbagai kebutuhan mengajar.	Monitoring konsumsi energi listrik dengan menggunakan metode IKE serta mengkategorikan penggunaan listrik.

**Tabel 2.1. Lanjutan**

<b>Judul</b>	<b>Tahun Terbit</b>	<b>Penulis</b>	<b>Tujuan Penelitian</b>	<b>Metode Penelitian</b>	<b>Permasalahan</b>	<b>Hasil Penelitian</b>
Evaluasi Intensitas Konsumsi Energi Listrik Melalui Audit Awal Energi Listrik di RSJ.PROF.HB.SAANIN Padang	2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asnal</li> <li>• Effendi</li> <li>• Miftahul</li> </ul>	Mengetahui tingkat efektifitas dan efisiensi penggunaan energi listrik di rumah sakit	Analisa Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dalam satu lingkungan rumah sakit.	Sistem kelistrikan pada bangunan terkait kerap kali terjadi gangguan walaupun sudah terdapat generator tambahan.	Penggunaan metode IKE menghasilkan evaluasi penggunaan energi listrik di setiap tahunnya. Serta usulan upaya penghematan energi.
Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T	2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salwin</li> <li>• Anwar</li> <li>• Tri Artono</li> <li>• Nasrul</li> <li>• Dasrul</li> <li>• A. Fadli</li> </ul>	Monitoring energi listrik yang kompak, sederhana, dan handal.	Penggunaan sensor untuk mengukur parameter kelistrikan.	Pemanfaatan energi listrik yang kurang efisien.	Penggunaan sensor PZEM-004T untuk mengukur arus, tegangan, dan beda fasa secara sekaligus.

Tabel 2.1. Lanjutan

Judul	Tahun Terbit	Penulis	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Permasalahan	Hasil Penelitian
Implementasi Wireless Monitoring Energi Listrik Berbasis Web Database	2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Irwan Dinata</li> <li>• Wahri Sunanda</li> </ul>	Memperlihatkan tampilan dari <i>software Website Energy Monitoring</i> dari hasil pengukuran energi listrik yang tersimpan dalam <i>database</i> .	Penggunaan sensor untuk mengukur berbagai parameter kelistrikan seperti <i>real power, apparent power, power factor, volase, dan RMS</i> .	Pemanfaatan energi listrik yang kurang efisien.	Merancang prototype untuk mengukur besaran penggunaan energi listrik serta mampu diakses menggunakan web.
Pengukuran Daya Listrik Real Time dengan Menggunakan Sensor Arus ACS.712	2016	B G Melipurbowo	Penghematan energi listrik yang berkaitan dengan biaya penggunaan listrik.	Audit energi listrik	Pemanfaatan energi listrik yang kurang efisien.	Audit energi listrik dilakukan dengan menggunakan sensor arus ACS712. Dengan begitu mampu mengidentifikasi pemakaian alat elektronika yang boros serta upaya penghematannya.

**Tabel 2.1. Lanjutan**

Judul	Tahun Terbit	Penulis	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Permasalahan	Hasil Penelitian
Sistem Monitoring KWH Meter Berbasis PC Dilengkapi dengan Program Penghitung Biaya Listrik	2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>Moch Nurul Arifin</li> <li>Rony Haendra RF</li> </ul>	Memperudah 12okoped penggunaan energi listrik disertai program penghitung biaya.	Perancangan prototype untuk mengukur besaran energi listrik beserta program kalkulasi biaya.	Perancangan prototype untuk monitoring energi listrik, kalkulasi biaya energi listrik yang digunakan, dan sistem monitoring yang aplikatif bagi masyarakat.	Prototype yang mampu mengukur besaran energi listrik dengan menggunakan sensor dan sebuah program berbasis PC untuk melakukan kalkulasi biaya.
Alat Pengukur Pemakaian Energi Listrik Menggunakan Sensor Optocoupler dan Mikrokontroler AT89S52	2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mery Subinto</li> <li>Rizal</li> </ul>	Membuat prototype beserta program yang mampu melakukan pengukuran konsumsi energi listrik yang sekaligus dapat melakukan kalkulasi biaya pemakaian energi listrik.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Merancang hardware dan software.</li> <li>Pengujian perangkat dan proses pengambilan data.</li> <li>Pengolahan data dan kalkulasi biaya.</li> </ul>	Sering terjadinya kesalahan dalam melakukan pencatatan energi listrik dikarenakan meteran listrik yang sulit dibaca karena letak pemasangan yang tinggi (sulit dijangkau).	Monitoring energi listrik dilakukan dengan menggunakan sensor optocoupler yaitu dengan membaca jumlah putaran piringan pada kWh-meter. Data yang didapat diolah dan dilakukan kalkulasi perhitungan biaya.

**Tabel 2.1. Lanjutan**

<b>Judul</b>	<b>Tahun Terbit</b>	<b>Penulis</b>	<b>Tujuan Penelitian</b>	<b>Metode Penelitian</b>	<b>Permasalahan</b>	<b>Hasil Penelitian</b>
Studi Efisiensi dan Konservasi Energi Pada Interior Gedung P Universitas Kristen Petra	2016	<ul style="list-style-type: none"><li>• Stephen Sugiarto P.</li><li>• Yusita Kusumarini</li></ul>	Melakukan penghematan konsumsi energi listrik pada sistem pencahayaan	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pendekatan kualitatif dengan klasifikasi dan karakterisasi penelitian</li></ul>	Upaya penghematan energi listrik dalam kategori EEC (Energy Efficiency and Conservation)	Kampanye penghematan energi, pemantauan energi dan control dengan memasang kWh meter, penggunaan peralatan berlabel "Hemat Energi"

## 2.2. Dasar Teori

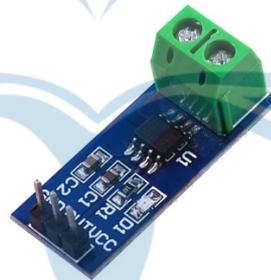
Dasar teori berisikan mengenai teori-teori yang berkaitan dengan topik penelitian.

### 2.2.1. Sensor Listrik

Sensor merupakan sebuah alat yang digunakan untuk tujuan mengubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik. Pada dasarnya sensor merupakan bagian dari transducer yang memiliki fungsi untuk “merasakan dan menangkap” energi eksternal yang akan masuk kedalam input transducer. Petruzella (2001) mengungkapkan bahwa sensor dalam robotika berfungsi sebagai penglihatan, pendengaran, penciuman, dan perasa sama seperti panca indera manusia yang kemudian diolah oleh kontroler sebagai otaknya. Untuk melakukan sebuah audit energi, dibutuhkan sensor yang mampu mendeteksi besaran listrik seperti arus dan beban listrik. Berikut merupakan beberapa jenis sensor untuk mengukur besaran energi listrik.

#### a. Sensor arus ACS712

Sensor ini berfungsi untuk mengukur arus *Alternating Current* (AC) maupun *Direct Current* (DC). Sensor ini memiliki rangkaian low-offset linear hall yang terdapat satu lintasan dengan material tembaga sehingga memungkinkan melakukan pembacaan dengan ketepatan yang tinggi. Gambar 2.1 merupakan sensor arus ACS712.



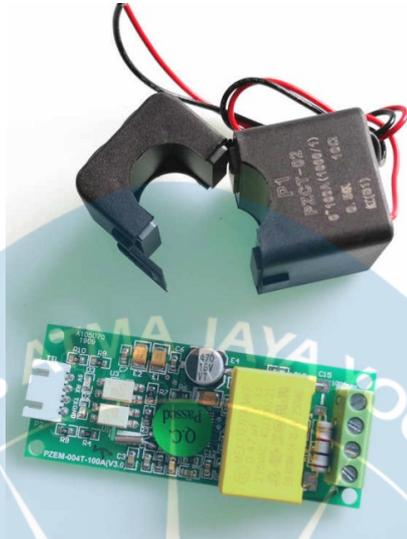
**Gambar 2.1. Sensor Arus ACS712**

(Sumber: <https://id.aliexpress.com/item/4000052799025.html>)

#### b. Sensor PZEM-004T

Sensor PZEM-004T merupakan sebuah modul elektronik yang berfungsi dalam mengukur beberapa parameter energi listrik seperti tegangan, arus, daya, frekuensi, energi, dan power. Alat ini dilengkapi dengan *Current* Transformator (CT) dengan model *split core*. Fitur ini memiliki keunggulan dalam instalasi secara langsung terhadap kabel listrik karena tidak perlu melepas kabel listrik yang sudah terpasang. Penerapannya, sensor ini sudah memiliki *library* khusus pada *software*

Arduino IDE sehingga mudah untuk dilakukan pemrograman. Gambar 2.2 menampilkan sensor PZEM-004T.

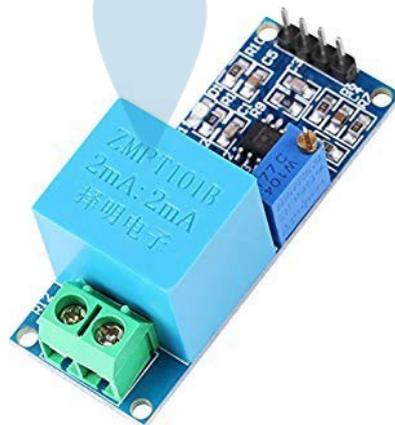


**Gambar 2.2. Sensor PZEM-004T dengan CT Split Core**

(Sumber: <https://www.tokopedia.com>)

c. Sensor tegangan ZMPT101B

Sensor ini memiliki karakteristik untuk mengukur tegangan dengan output AC. Dengan ukuran produk yang kecil yakni hanya 50x19 mm, sensor ini mampu mengukur tegangan sebesar 250V sesuai dengan output analog dan dapat disesuaikan. Sensor ini memiliki fase tunggal modul tegangan output AC transformator. Gambar 2.3 merupakan sensor ZMPT101B.

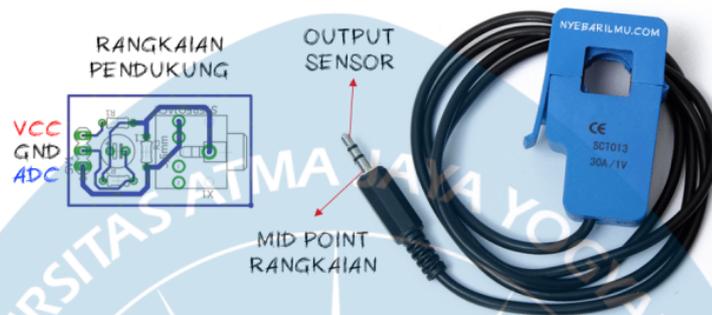


**Gambar 2.3. Sensor Tegangan ZMPT101B**

(Sumber: <https://www.tokopedia.com>)

#### d. Sensor arus SCT013

Sensor ini memiliki fungsi sebagai alat ukur arus listrik pada sebuah rangkaian listrik. Modul sensor ini tergolong dalam *Current Transformer* yang bertujuan untuk mengukur arus AC. Untuk melakukan instalasi alat ini, dibutuhkan modul pendukung yang berfungsi sebagai mikrokontroler. Gambar 2.4 mempresentasikan sensor arus SCT013.



**Gambar 2.4. Sensor Arus SCT013 Beserta Modul Pendukung**

(Sumber: <https://www.nyebarilmu.com>)

#### 2.2.2. Database

Menurut Enterprise (2017) *database* merupakan aplikasi yang mampu menyimpan sekumpulan data dan memiliki perintah tertentu untuk membuat, mengatur, dan mengakses data yang ada didalamnya. Secara umum, *database* atau basis data diartikan sebagai kumpulan informasi yang mampu menyimpan dalam *computer* secara terintegrasi dan mampu diperiksa menggunakan suatu program *computer* untuk memperoleh informasi tertentu. Pada umumnya database terbentuk dari kumpulan file.

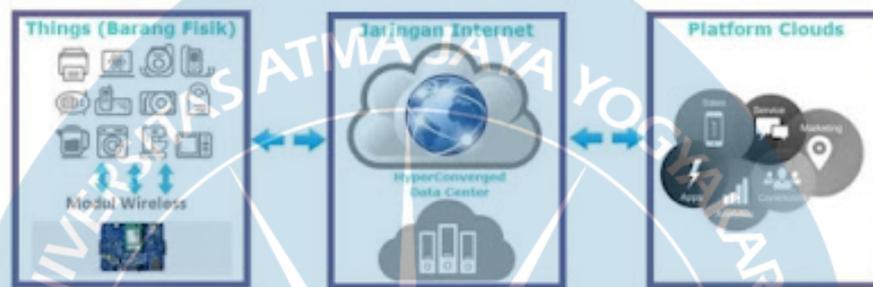
Saat ini untuk menyimpan sebuah file telah disediakan beberapa platform database secara online, diantaranya Microsoft access, SQL server, mySQL, dan masih banyak lagi. Adapun beberapa manfaat penting database yaitu mampu beroperasi secara cepat dan mudah, memiliki akses bagi banyak pengguna, penghematan biaya perangkat, serta tingkat keamanan yang tinggi.

#### 2.2.3. Internet of Things (IoT)

IoT merupakan sebuah sistem yang mengikutsertakan pengguna untuk mengelola serta mengoptimalkan perangkat elektronik dengan menggunakan internet. Menurut Ashton (2009) mengungkapkan IoT merupakan sebuah alat yang memiliki dukungan jaringan internet dan memiliki potensi dalam mengubah dunia.

Dalam penerapannya, IoT mampu mengidentifikasi dan memantau objek serta memicu event terkait secara otomatis dan real-time.

Di sisi lain, IoT memiliki kemampuan dalam menghubungkan kesenjangan antara dunia fisik dan dunia informasi. Pada dasarnya, IoT terdiri dari beberapa bagian penyusun. Diantaranya adalah barang fisik berupa perangkat keras untuk melakukan pengaturan sistem pada perangkat, kemudian jaringan internet untuk melakukan transportasi data, serta clouds sebagai media kompresi dan transmisi data yang aman. Gambar 2.5 menampilkan diagram arsitektur IoT.



**Gambar 2.5. Diagram Arsitektur IoT**  
(Sumber: <https://www.kajianpustaka.com>)

#### **2.2.4. Audit Energi**

Energi didefinisikan sebagai suatu besaran yang bersifat kekal. Pada dasarnya energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, namun dapat dikonversi dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Arif Alfatah dan Muji Lestari (2009) mengartikan energi sebagai sesuatu yang dibutuhkan oleh benda guna melakukan suatu usaha tertentu. Dengan kata lain, suatu benda memerlukan energi untuk melakukan suatu aktivitas tertentu.

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 14 tahun 2012 membahas mengenai manajemen energi. Manajemen energi didefinisikan sebagai sebuah kegiatan yang bertujuan untuk mengendalikan konsumsi energi guna memenuhi pencapaian energi yang efektif dan efisien. Selain itu manajemen energi juga bertujuan untuk meminimalisi konsumsi bahan baku dan bahan pendukung.

Program manajemen energi dibutuhkan untuk mencapai dan mempertahankan efisiensi dan efektivitas penggunaan energi. Program manajemen energi memiliki arti sebuah program yang terbentuk secara terencana dan memiliki tujuan untuk mengurangi biaya energi di suatu organisasi dengan menawarkan peningkatan

kenyamanan bagi pengguna. Adapun aktivitas manajemen energi yang meliputi sebagai berikut.

- a. Pengumpulan dan analisis data penggunaan energi.
- b. Mempersiapkan sumber energi yang dibutuhkan.
- c. Melaksanakan audit energi.
- d. Analisa efektifitas penggunaan energi.
- e. Perencanaan hemat energi.

Untuk melaksanakan suatu program manajemen energi, dibutuhkan 2 strategi pokok sebagai berikut.

- a. Konservasi energi  
Konservasi energi merupakan sebuah aktivitas pemanfaatan energi yang dilakukan tanpa adanya mengurangi konsumsi energi dan diperlukan untuk menunjang pembangunan.
- b. Efisiensi energi  
Berbeda dengan konservasi energi, strategi efisiensi energi adalah aktivitas yang dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi konsumsi energi yang dibutuhkan.

Audit energi adalah sebuah teknik yang berfungsi untuk melakukan perhitungan besaran energi yang digunakan pada suatu gedung atau bangunan. Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 14 tahun 2012 mendefinisikan audit energi merupakan sebuah proses evaluasi pemanfaatan energi serta identifikasi peluang dalam menghemat energi dalam rangka konservasi energi. Audit energi memiliki klasifikasi sebagai berikut.

- a. Audit energi awal  
Tujuan utama audit energi awal adalah memperoleh data penggunaan energi pada suatu gedung atau bangunan. Selain itu pada tahap ini dilakukan pengamatan kondisi peralatan yang menggunakan energi listrik. Hasil dari audit energi awal yaitu data mengenai sumber kebocoran energi ataupun rekomendasi perbaikan yang perlu dilakukan.
- b. Audit energi rinci  
Tahap audit energi secara rinci dilakukan dengan tujuan memperoleh hasil besaran konsumsi energi dengan cara melakukan pengukuran menggunakan alat ukur serta analisis mengenai penggunaan alat di area terkait. Setelah itu akan ditemukan rekomendasi dari perubahan sistem ataupun komponen yang

dipercaya mampu untuk menghemat konsumsi energi. Rekomendasi terkait didasari dengan perhitungan beserta langkah untuk mengimplementasikannya.

### 2.2.5. Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

IKE merupakan analisa yang mempertimbangkan antara konsumsi energi listrik dengan satuan luas bangunan. IKE dapat diperoleh menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$IKE = \frac{Ke}{Lb} \quad (2.1.)$$

Keterangan:

IKE = Intensitas Konsumsi Energi (kWh/m<sup>2</sup>/bulan)

Ke = Konsumsi energi (kWh)

Lb = Luas bangunan (m<sup>2</sup>)

Berdasarkan standarisasi Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia tahun 2004, kriteria nilai IKE dapat dikategorikan berdasarkan bangunan ber-AC sebagai berikut.

**Tabel 2.2. Kriteria IKE**

NO	Ruangan AC (kWh/m <sup>2</sup> /bulan)	Ruangan Non-AC (kWh/m <sup>2</sup> /bulan)	Kriteria
1	4,17 – 7,92	0,84 – 1,67	Sangat Efisien
2	7,92 – 12,08	1,67 – 2,5	Efisien
3	12,08 – 14,48	-	Cukup Efisien
4	14,48 – 19,17	-	Agak Boros
5	19,17 – 23,75	2,5 – 3,34	Boros
6	23,75 – 37,75	3,34 – 4,17	Sangat Boros

### 2.2.6. Energi Listrik

Energi listrik diartikan sebagai energi primer yang dibutuhkan bagi perangkat elektronik untuk menjalankan fungsinya. Energi ini berasal dari sumber arus. Besar energi listrik berbanding lurus dengan besaran daya yang digunakan pada

peralatan elektronik yang terpakai berdasarkan durasi penggunaan. Artinya, semakin lama daya yang terpakai maka semakin besar energi listrik yang digunakan pada alat elektronika tersebut.

Daya listrik (Watt) diartikan sebagai perubahan energi terhadap waktu namun dalam bentuk tegangan dan arus yang mengalir. Daya listrik dibedakan menjadi tiga, sebagai berikut.

a. Daya aktif (Watt)

Daya aktif merupakan daya kerja yang dikategorikan menjadi daya mekanik, panas, dan cahaya. Persamaan 2.1 merupakan rumus daya aktif menurut Geradino (1992).

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

Keterangan

P = Daya (W)  
V = Tegangan (V)  
I = Arus listrik (A)

b. Daya reaktif (Var)

Daya reaktif didefinisikan sebagai daya yang dibutuhkan oleh peralatan elektronik yang bekerja dengan sistem electromagnet. Persamaan 2.2 merupakan rumus daya reaktif menurut Geraldino (1992).

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

Keterangan

Q = Daya reaktif (VAR)  
V = Tegangan (V)  
I = Arus listrik (A)

c. Daya nyata (VA)

Daya nyata adalah penjumlahan vector dari daya aktif dan reaktif dan dinyatakan dalam satuan VA. Persamaan 2.3 dan 2.4 merupakan rumus daya nyata menurut Geraldino (1992).

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2.3.)$$

$$S = V \times I \quad (2.4.)$$

Keterangan

S = Daya nyata (VA)

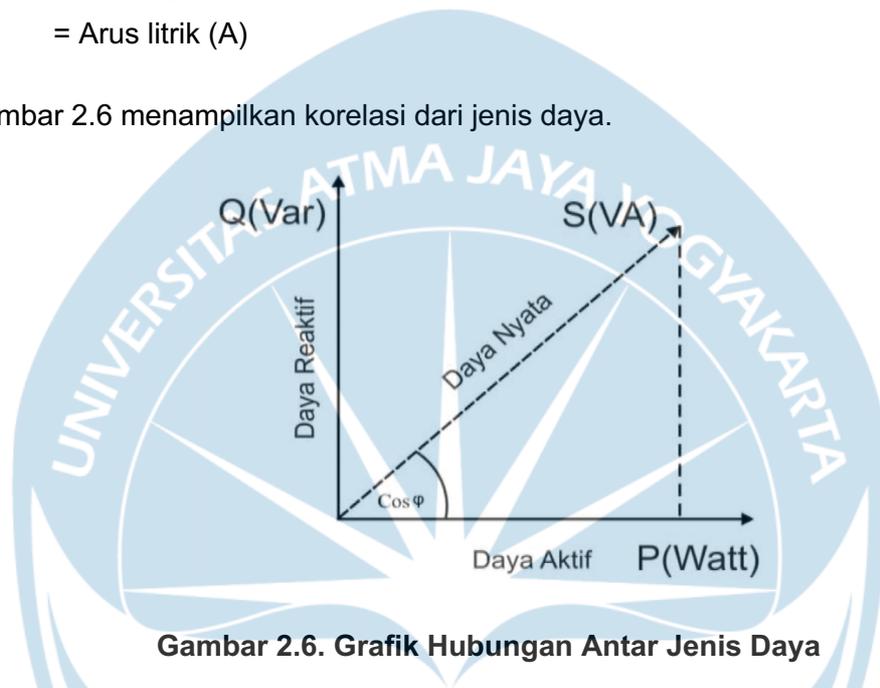
P = Daya (W)

Q = Daya reaktif (VAR)

V = Tegangan (V)

I = Arus listrik (A)

Gambar 2.6 menampilkan korelasi dari jenis daya.



**Gambar 2.6. Grafik Hubungan Antar Jenis Daya**

### 2.2.6. Pengukuran Cahaya

Menurut Zumtobel (2013), cahaya didefinisikan sebagai golongan dari elektromagnetik dan dapat dirasakan oleh panca indera kita yaitu mata. Secara umum, cahaya diartikan sebagai sebuah gejala fisis yang memancarkan energi yang Sebagian dari besaran energi tersebut diubah menjadi cahaya.

Laju energi cahaya atau yang biasa dikenal dengan energi radiasi yang dibebani oleh respon sensitivitas mata manusia pada satuan waktu tertentu didefinisikan sebagai fluk luminus atau fluks cahaya. Fluk luminus ini memiliki satuan yang disebut lumen (lm). Alat ukur untuk mengukur pencahayaan adalah lux meter dengan satuannya yaitu lus.

Dikutip dari BSN (Badan Standardisasi Nasional) mengenai konservasi energi pada sistem pencahayaan yang tertulis pada dokumen SNI (Standar Nasional Indonesia) No.03-6197-2000 mengklasifikasikan tingkat pencahayaan rata-rata pada karakteristik ruangan hotel yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3. Tingkat Pencahayaan Rata-Rata Pada Hotel**

Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)
Lobi	100
Koridor	100
Ruang serba guna	200
Ruang makan	250
Kafetaria	200
Kamar tidur	150
Dapur	300
Toilet	100
Ruang Tamu	120-250

### 2.2.7. Metode Topsis

Topsis merupakan sebuah metode untuk mengambil sebuah keputusan dari beberapa alternatif solusi yang terbatas. Menurut Olson (2004), mendefinisikan alternatif yang baik merupakan alternatif yang paling dekat dengan solusi ideal dan jauh dari solusi 22okopedi. Topsis merupakan salah satu metode pengambilan keputusan dengan mempertimbangkan kriteria yang saling berkaitan. Adapun langkah langkah penyelesaian metode tophis sebagai berikut.

a. Membangun sebuah matriks keputusan

Matriks keputusan dibuat berdasarkan acuan alternatif solusi yang dievaluasi berdasarkan kriteria. Matriks evaluasi dapat diperhatikan pada algoritma 2.1.

$$x = \begin{pmatrix} A_1 & X_{12} & X_{1m} \\ A_2 & X_{22} & X_{2m} \\ A_n & X_{n2} & X_{nm} \end{pmatrix} \quad (2.5.)$$

Pada algoritma 2.1,  $A_i$  ( $i=1,2,3, \dots, m$ ) melambangkan alternatif solusi yang mungkin, sementara  $X_j$  ( $j=1,2,3, \dots, n$ ) melambangkan atribut yang digunakan pada pengukuran alternatif.

b. Membuat matriks keputusan ternormalisasi

Tahap berikutnya adalah membuat matriks keputusan ternormalisasi menggunakan algoritma 2.2.

$$R_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=x}^m X_{ij}^2}} \quad (2.6.)$$

Berdasarkan algoritma 2.2 diperoleh keterangan sebagai berikut.

$l = 1, 2, \dots, m$

$j = 1, 2, \dots, m$

$r_{ij}$  = matriks ternormalisasi [i] [j]

$X_{ij}$  = matriks keputusan [i] [j]

c. Membuat matriks keputusan ternormalisasi terbobot

Tahap berikutnya yaitu membuat matriks keputusan ternormalisasi terbobot menggunakan algoritma 2.3.

$$V_{ij} = W_i r_{ij} \quad (2.7.)$$

Berdasarkan algoritma 2.3, diperoleh keterangan sebagai berikut.

$V_{ij}$  = Elemen matriks keputusan yang ternormalisasi terbobot.

$W_i$  = Bobot dari kriteria ke-j.

$r_{ij}$  = Elemen matriks keputusan yang ternormalisasi.

d. Membuat solusi ideal positif dan solusi ideal 23okopedi.

Tahap selanjutnya yaitu membuat solusi ideal positif dan solusi ideal 23okopedi yang didasarkan dari rating bobot ternormalisasi. Pada tahap ini menggunakan algoritma 2.4 dan 2.5.

$$A^+ = (y_1^+, y_2^+, \dots, y_n^+) \quad (2.8.)$$

$$A^- = (y_1^-, y_2^-, \dots, y_n^-) \quad (2.9.)$$

Berdasarkan algoritma 2.4 dan 2.5, diperoleh keterangan sebagai berikut.

$A^+$  = Solusi ideal positif.

$A^-$  = Solusi ideal 23okopedi.

$Y_{ij}$  = rating bobot ternormalisasi

e. Menentukan jarak antara alternatif dengan solusi ideal positif.

Langkah berikutnya yaitu menentukan jarak antara alternatif solusi ideal positif dan 23okopedi dengan menggunakan algoritma 2.6 dan 2.7.

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_i^+ - y_{ij})^2} \quad (2.10.)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_i^-)^2} \quad (2.11.)$$

Berdasarkan algoritma 2.6 dan 2.7, diperoleh keterangan sebagai berikut.

$D_i^+$  = jarak alternatif dengan solusi ideal positif.

$Y_j^+$  = Solusi ideal positif [i].

$Y_{ij}$  = Matriks normalisasi [i][j].

$D_i^-$  = jarak alternatif dengan solusi ideal 24okopedi.

$Y_j^-$  = Solusi ideal 24okopedi [i].

f. Menentukan nilai preferensi untuk setiap alternatif.

Langkah berikutnya yaitu menentukan nilai preferensi untuk setiap alternatif dengan menggunakan algoritma 2.8.

$$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \quad (2.12.)$$

Berdasarkan algoritma 2.8, diperoleh keterangan sebagai berikut.

$V_i$  = Kedekatan tiap alternatif ideal terhadap solusi ideal.

$D_i^+$  = Jarak alternatif dengan solusi ideal positif.

$D_i^-$  = Jarak alternatif dengan solusi ideal 24okopedi.

### 2.2.8. Metode CSI

Menurut Teaumbanua (2013), kualitas diartikan sebagai sifat berupa barang ataupun jasa yang memiliki pengaruh pada kemampuan, sehingga kebutuhan konsumen dapat terpenuhi secara langsung maupun tidak langsung. Untuk mengukur sebuah kualitas barang ataupun jasa, digunakan sebuah metode yaitu CSI. Menurut Shanty (2015), *Customer Satisfaction Index* (CSI) merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengetahui tingkat kepuasan pengunjung terhadap kinerja pelayanan berdasarkan tingkat kepentingan dari atribut jasa.

Pengukuran CSI dilakukan sebagai acuan dalam menentukan sasaran berupa perbaikan atau peningkatan kualitas di masa yang akan mendatang. Terdapat beberapa faktor penting pada metode CSI, antara lain *Weight Factor* (WF) yaitu

untuk menghitung persentase median daripada tingkat kepentingan, *Weight Score* (WS) yaitu berperan sebagai skor median daripada tingkat kepuasan masing-masing atribut, dan CSI berupa skor yang mengukur tingkat kepuasan. Menurut Widodo (2018), kriteria tingkat kepuasan dapat dilihat pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4. Kriteria Tingkat Kepuasan**

No	Skor CSI (%)	Keterangan
1	81 – 100	Sangat Puas
2	66 – 80,99	Puas
3	51 – 65,99	Cukup Puas
4	35 – 50,99	Kurang Puas
5	0 – 34,99	Tidak Puas

