

# Merauke State Hospital Energy Efficiency Audit in South Papua

Audit Energi Efisiensi di RSUD Merauke Papua Selatan

Vincent A.J. Kalalo, Glanny M. C. Mangindaan, Meita Rumbayan

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia  
e-mails : [vincentkalalo023@student.unsrat.ac.id](mailto:vincentkalalo023@student.unsrat.ac.id), [glanny\\_m@unsrat.ac.id](mailto:glanny_m@unsrat.ac.id), [meitarumbayan@unsrat.ac.id](mailto:meitarumbayan@unsrat.ac.id)

Received: [date]; revised: [date]; accepted: [date]

## Abstract

*Electrical energy is one of the primary needs for human life today. However, the use of electrical energy is increasing along with the increasing number of people. Energy issues that have been occurred in recent years, and will become a critical problem for sustainable development in society. Energy audit, or energy assessment, is an evaluation of a building's energy system with the aim of reducing energy usage. In electricity, it's important to pay attention to the maintenance and condition of an electrical device. Electrical power consumption at Merauke State Hospital requires calculation. The room classification includes all inpatient rooms in the Merauke State Hospital, totaling 234 rooms. Calculation of power factor from the power consumption which is 0.5. This power factor does not meet the standards set in Indonesia so it needs to be corrected by using a capacitor bank with a capacity of 125 kvar for each phase. The IKE value at the Merauke State Hospital is still quite efficient, about 178.48 kWh/m per year. The IKE value of Merauke Regional Hospital is according to the 2021 ESDM report where Merauke Hospital is in the 3rd quartile position. So the results of this research can confirm that the Merauke Regional Hospital's power usage is still in good condition.*

**Key words** — Energy Audits , Intensity of Energy Consumption, Power Factor, Power Usage Pattern

## Abstrak

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan primer bagi kehidupan manusia saat ini. Namun seiring berjalan dengan waktu, penggunaan energi listrik semakin membesar seiring dengan jumlah masyarakat yang semakin banyak. Isu energi telah terjadi dalam beberapa tahun ini, dan akan menjadi masalah yang genting bagi perkembangan yang berkelanjutan dalam kehidupan masyarakat. Audit energi, atau yang disebut penilaian energi, adalah sebuah evaluasi dari sistem penggunaan energi suatu gedung yang bertujuan untuk mengurangi penggunaan energi. Dalam kelistrikan penting untuk memperhatikan baik perawatan maupun kondisi dari suatu alat listrik. Konsumsi pemakaian daya listrik di RSUD Merauke diperlukan perhitungan. Klasifikasi ruangan mencakup seluruh ruangan rawat inap yang ada di RSUD Merauke yang berjumlah 234 ruangan. Maka kita akan menghitung faktor daya dari pemakaian daya yang bernilai 0,5. Faktor daya ini belum memenuhi standar yang ditetapkan di Indonesia sehingga perlu diperbaiki dengan menggunakan kapasitor bank dengan kapasitas 125 kvar pada setiap fasa. Nilai IKE pada RSUD Merauke masih cukup efisien yaitu 178,48

kWh/m per tahun. Faktor Daya RSUD Merauke yang belum memenuhi standar. Nilai IKE RSUD Merauke yang menurut laporan ESDM tahun 2021 dimana RSUD Merauke menempati di posisi 3rd quartile. Sehingga hasil penelitian ini bisa mengkonfirmasi bahwa penggunaan daya RSUD Merauke masih dalam kondisi baik

**Kata Kunci** — Audit Energi, Faktor Daya, Intensitas Konsumsi Energi, Pola Pemakaian Daya

## I. Pendahuluan

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan primer bagi kehidupan manusia saat ini. Energi listrik ini hampir mencakup seluruh aspek kehidupan manusia sehingga energi listrik ini menjadi titik fokus dalam masa kini. Kita bisa melihat bahwa energi listrik menjadi salah satu pemanfaatan energi terbesar semenjak listrik ditemukan. Mulai dari tahun 600an sebelum masehi listrik sudah ditemukan hingga bisa dimanfaatkan pada abad ke 18. Ini membuktikan bahwa listrik sudah berada sejak lama sebelum kita bisa mengunakanya seperti sekarang.

Namun seiring berjalan dengan waktu, penggunaan energi listrik semakin membesar seiring dengan jumlah masyarakat yang semakin banyak. Jumlah penduduk Indonesia yang telah mencapai 275,77 juta jiwa pada tahun 2022 memungkinkan terjadi pemakaian energi listrik yang berlebihan. Pemakaian ini disebabkan oleh kurang efektifnya dan efisien penyaluran listrik yang menyebabkan terjadi pemadaman. Oleh karena itu, pengurangan dan penghematan energi perlu dilakukan.

Menghemat energi adalah upaya menghemat biaya, meningkatkan daya saing serta meningkatkan kualitas lingkungan hidup. Upaya yang sudah banyak dilakukan selama ini dalam menghemat energi listrik agar penggunaannya bisa dikendalikan dan bisa digunakan dalam bidang yang lain. Tujuannya agar listrik dapat dinikmati semuanya dan mendorong perkembangan suatu wilayah dengan efisien dan tepat.

Audit energi merupakan salah satu upaya dalam penghematan energi pada gedung. Audit energi ini menindaki penggunaan energi baik dari peralatan maupun penggunaannya untuk ditelusuri peluang penghematannya. Nantinya hasil dari pengamatan dan perhitungan audit energi muncul penjelasa

tentang pola pemakaian peralatan listrik di gedung tersebut dan peluang penghematan yang bisa dilakukan penghuni gedung. Audit ini diperlukan agar mencapai penggunaan listrik yang efisien dan hijau

### A. Daya Listrik

Daya listrik adalah energi listrik yang ada dalam sebuah rangkaian yang nantinya bisa dihasilkan atau bahkan diserap. Jadi, ketika sumber energi menghasilkan daya listrik, maka beban yang dihubungkan pada sumber energi tersebut akan menyerap energi yang dibutuhkan. Kemudian energi ini akan diubah menjadi bentuk lain sesuai kebutuhan. Misalnya saja diubah menjadi energi cahaya, energi panas, energi gerak dan lain sebagainya. Rumus dari Daya listrik ini adalah sebagai berikut

#### 1). Rumus Daya Listrik

Daya yang diserap oleh komponen resistif dari beban atau yang juga disebut sebagai daya aktif atau real power. Hasil dari nilai tegangan RMS dan nilai arus RMS  $|V| |I|$  disebut dengan daya semu atau apparent power dan diukur dalam unit volt ampere. Hasil dari daya semu dan sudut cosinus antara tegangan dan arus menghasilkan daya aktif. Dikarenakan  $\cos \theta$  memainkan peran penting dalam penentuan dari daya rata-rata, ini disebut jga dengan faktor daya. Ketika arus lebih lambat dari tegangan, faktor dayanya bersifat lagging. Namun, jika arus lebih cepat dari tegangan, maka faktor dayanya bersifat leading.

$$P = V.I \quad (2.1)$$

Dimana,

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

#### 2). Tegangan Listrik

Tegangan listrik adalah jumlah beda potensial dari dua titik listrik. Beda potensial biasanya bergerak dari potensi yang tinggi menuju potensi yang rendah. Tujuan dari beda potensi ini untuk bisa mengalirkan listrik ke tempat yang memerlukan listrik

Tegangan listrik terjadi karena emf (electromotive force) memicu arus untuk mengalir di aliran listrik. Sehingga terjadi beda potensial antara satu titik listrik dengan titik lainnya. Tegangan ini yang pada akhirnya akan mengalir menuju ke sebuah resistor di suatu peralatan kelistrikan.

#### 3). Instalasi Listrik

Instalasi listrik merupakan segala jenis kegiatan yang berkaitan dengan pemasangan suatu sistem tenaga listrik pada suatu lokasi atau tempat tertentu. Instalasi listrik berfungsi sebagai penghantar untuk mengalirkan listrik dari sumber listrik seperti PLN menuju titik-titik beban. Instalasi listrik nantinya menjadi acuan untuk peralatan listrik yang berada di gedung.

Performa dari setiap peralatan maupun sistem listrik dipelajari dari gambar instalasi listrik. Dengan mensimulasikan sebuah instalasi listrik, segala macam sistem bisa diperdalam seperti sistem mekanis, hidrolik termal, nuklir, aliran listrik,

dan lain-lain. Semua sistem kendali juga dipelajari dengan menggambarkan mereka dalam bentuk instalasi listrik. Analisisnya dari sebuah sistem bisa diketahui dengan menguasai teknik dari teori instalasi.

### B. Audit Energi

[4] Isu energi telah terjadi dalam beberapa tahun ini, dan akan menjadi masalah yang cukup krusial dalam waktu mendatang untuk perkembangan yang berkelanjutan dalam kehidupan masyarakat. Permintaan energi di seluruh dunia, didorong dengan ekspektasi untuk peningkatan kualitas hidup di negara berkembang, sekaligus berkembangnya populasi, yang telah mencapai level yang tidak bisa dibendung kedepan.

[1] Sebagai bentuk perubahan dalam siklus energi, peran audit energi juga meningkat pesat. Permintaan keperluan yang meningkat di dalam bidang bisnis, komersil, dan industri untuk menggunakan energi dengan lebih hemat dan efisien. Mengurangi biaya utilitas masih menjadi strategi yang bisa diraih dan paling efektif dalam mengurangi biaya operasional.

[6] Audit energi, atau yang disebut penilaian energi, adalah sebuah evaluasi dari sistem penggunaan energi suatu gedung yang bertujuan untuk mengurangi penggunaan energi. Bentuk dari peningkatan energi ini mengimplentasikan perubahan yang ada dalam gedung. Dengan pengauditan dan peningkatan energi yang berjalan beriringan sesuai dengan rekomendasi yang telah ditelaah, maka kita bisa mentransformasi gedung kita menjadi lebih baik.

Audit energi ini bisa dilakukan baik secara individu maupun lembaga independen (konsultan). Audit energi dapat dilakukan secara sederhana maupun secara rinci sesuai dengan kebutuhan. Audit energi ini bisa bersifat important (penting) maupun urgent (mendesak) dengan tujuan apakah penggunaan energi ini sudah produktif atau belum.

Pengauditan energi ini terbagi menjadi dua, yaitu fasilitas dan jenis audit. Fasilitas berhubungan dengan lokasi yang akan dilakukan seperti gedung, industri, maupun pembangkit. Sedangkan jenis audit adalah informasi yang akan diberikan pada hasil pengauditan nanti. Biasanya informasi audit ini bisa berupa upaya penghematan di berbagai bidang yang ada sampai dengan simulasi aprehensif menggunakan komputer.

Audit energi dilakukan terjadi atas isu-isu ataupun masalah yang terjadi saat ini. Beberapa masalah dijabarkan sebagai berikut :

1. Sumber Energi;
2. Konsumsi Energi;
3. Biaya Energi;
4. dan Isu Lingkungan.

Audit biasanya berhubungan dengan keuangan. Audit mencakup kegiatan pemeriksaan pelaksanaan keuangan sesuai dengan bukti-bukti yang ada. Audit energi dilakukan untuk memeriksa apakah perencanaan dan belanja tentang penggunaan energi sudah tepat atau belum. Audit energi adalah kegiatan pengecekan secara berkala tujuan untuk mengidentifikasi apakah sudah digunakan secara tepat, efisien,

dan rasional. Audit energi tidak sama dengan audit keuangan tetapi prinsipnya mirip.

Fungsi utama dari audit energi yaitu penghematan energi baik secara dibangkitkan maupun digunakan. Audit energi merupakan upaya untuk mengetahui tingkat kebutuhan energi. Selain itu, audit energi mempunyai fungsi lain, yaitu :

- Profil konsumsi energi
- Melihat peluang penghematan
- Mengetahui informasi pola pemakaian energi
- Langkah awal manajemen energi melalui POAC dan PDCA.

Lokasi pelaksanaan audit energi mencakup beberapa tempat, antara lain : pembangkit; sistem transmisi; jaringan distribusi; tenaga; peralatan; penerangan; dan lain-lain.

Audit energi memiliki beberapa tujuan, yaitu :

- Gambaran penggunaan energi di lingkungan kerja apakah sudah sesuai dengan fungsinya
- Identifikasi dimana dan bagaimana energi digunakan serta berapa biayanya
- Mengetahui dimana peluang penghematan energi
- Mencari potensi terbesar untuk perbaikan penggunaan energi dapat digunakan
- Cara perbaikan penggunaan energi tersebut.

### C. Pencahayaan Ruang

Pencahayaan daya lampu pada ruangan yang efektif jika daya lampu yang dipancarkan ke ruangan itu memiliki nilai yang sesuai dengan luas ruangan tersebut. Cahaya yang terlalu terang mengakibatkan penggunaan daya lampu yang melampaui batas atasnya. Sedangkan, cahaya yang terlalu gelap mengakibatkan penerangan pada ruangan itu tidak mumpuni

$$I_{ruangan} = \frac{p.l}{n_{lampu}(p+l)} \quad (2.2)$$

Dimana,

- p = Panjang ruangan (m)
- l = Lebar ruangan (m)
- $n_{lampu}$  = Jumlah Lampu pada ruangan

Kemudian kita mencari jumlah lumener ruangan (N),

$$N = \frac{E.p.l}{\emptyset.n_{lampu}.LLF.CU} \quad (2.3)$$

Dimana,

- N = Jumlah titik lampu
- E = Kuat penerangan / target kuat penerangan yang akan dicapai (Lux)
- p = Panjang ruangan (m)
- l = Lebar ruangan (m)
- $\emptyset$  = Total lumen lampu / Lamp luminous flux
- $n_{lampu}$  = Jumlah lampu pada ruangan
- LLF = Faktor cahaya rugi / Light loss factor (0,7)
- CU = Faktor pemanfaatan / Coefficient of Utilization (0,67)

Jika nilai N sudah ditemukan, maka perhitungan daya maksimum lampu bisa dioperasikan

$$P_{max} = \frac{N.n_{lampu}.P_{lampu}}{p.l} \quad (2.4)$$

Dimana,

- $P_{max}$  = Densitas daya lampu maksimum (W/m<sup>2</sup>)
- N = Jumlah titik lampu
- p = Panjang ruangan (m)
- l = Lebar ruangan (m)
- $n_{lampu}$  = Jumlah lampu pada ruangan
- $P_{lampu}$  = Daya lampu (W)

Diketahui : Ruang USG

p = 5 Meter

l = 3 Meter

lampu = 60 Watt

titik lampu = 2 buah

Ditanya :

Densitas Daya Lampu Maksimal = ...?

Penyelesaian :

Kita mencari nilai indeks ruangan dari nilai yang sudah diketahui melalui persamaan 2.2...

$$I_{ruangan} = \frac{p.l}{n_{lampu}(p+l)} \quad (2.2)$$

Maka,

$$I_{ruangan} = \frac{5.3}{2(5+3)}$$

$$I_{ruangan} = 0,9375$$

Kemudian kita mencari nilai jumlah lumener ruangan (N) dengan persamaan 2.3...

$$N = \frac{E.p.l}{\emptyset.n_{lampu}.LLF.CU} \quad (2.3)$$

Maka,

$$N = \frac{350 \times 5 \times 3}{3750 \times 2 \times 0,7 \times 0,67}$$

$$N = 1,59 \Rightarrow 2 \text{ titik lampu}$$

Setelah nilai yang diperlukan sudah ditemukan, maka kita bisa mencari densitas daya lampu maksimum melalui persamaan 2.4...

$$P_{max} = \frac{N.n_{lampu}.P_{lampu}}{p.l} \quad (2.4)$$

Maka,

$$P_{max} = \frac{2 \times 2 \times 60}{5.3}$$

$$P_{max} = 16 \text{ W/m}^2$$

### D. Kebutuhan Pemakaian AC

Untuk mencari nilai kapasitas AC yang sesuai dengan keperluan ruangan, maka kita mencari berapa besar nilai BTU

yang diperlukan pada ruangan tersebut. BTU adalah singkatan dari British Thermal Unit yang digunakan untuk menghitung berapa besar tenaga yang diperlukan untuk menghitung ruangan. Setelah itu, kita menentukan kapasitas AC yang sesuai dengan luas sebuah ruangan.

$$BTU = p.l.k_{BTU/hr} \quad (2.5)$$

Dimana,  
BTU = British Thermal Unit (BTU/hr)  
p = Panjang ruangan (m)  
l = Lebar ruangan (m)  
 $k_{btu}$  = Koefisien BTU (500 BTU/hr)

Diketahui : Ruang USG

p = 5 Meter

l = 3 Meter

Ditanya :

Kapasitas BTU yang diperlukan = ...?

Penyelesaian :

Kita bisa langsung mencari nilai BTU dengan data yang sudah diketahui melalui persamaan 2.5...

$$BTU = p.l.k_{BTU/hr} \quad (2.5)$$

Maka,

$$BTU = 5 \times 3 \times 500$$

$$BTU = 7500$$

#### E. Faktor Daya

[7]  $P$  adalah jumlah dari daya yang dijabarkan sebagai daya rata-rata (*average power*).  $P$  merupakan salah satu nilai fundamental dalam sistem tenaga Listrik yang juga disebut daya aktif atau *real*. Satuan dari  $P$  adalah watt walaupun nilai watt adalah jumlah yang cukup kecil untuk suatu sistem tenaga listrik. Nilai dari  $P$  biasanya dihitung dengan kilowatt (kW) atau megawatt (MW).

[5] Faktor Daya adalah perbedaan antara daya aktif (watt) dengan daya semu atau daya total (VA), atau nilai cosinus sudut antara daya aktif dengan daya semu atau daya total. Daya aktif biasanya yang diserap oleh komponen-komponen resistif dari beban. Sedangkan hasil dari tegangan rms dan arus rms disebut dengan daya semu. Daya semu akan dihitung dengan satuan volt ampere. Nilai faktor daya akan memaparkan sifat induksi rangkaian dari suatu sistem tenaga listrik. Jika fasa tegangan mendahului fasa arus, maka faktor daya bersifat lagging. Ketika fasa arus mendahului dari fasa tegangan maka faktor daya bersifat leading

[2] Faktor daya juga berhubungan dengan sudut fasa (*phase angle*). Sudut fasa adalah sudut antara arus fasa dan tegangan fasa. Sudut fasa akan berpengaruh dengan faktor daya karena nilai dari sudut fasa yang mengalami pergeseran yang terlalu jauh menyebabkan nilai faktor daya akan turun. Ini juga menjadi salah satu bagian dalam perhitungan total daya dalam sistem tenaga listrik tiga fasa.

Faktor daya memiliki efek yang berkesinambungan dengan energi. Faktor daya menjadi penentu dalam tingkatan efisiensi suatu jaringan listrik. Nilai dari faktor daya tersebut

menginformasikan berapa daya yang bisa dimanfaatkan dalam jaringan listrik. Perhitungan faktor daya diuraikan sebagai berikut :

$$pf = \frac{P}{S} = \frac{kW}{kVA} \quad (2.6)$$

Dimana

Pf = Faktor Daya

P = Daya Aktif (kW)

S = Daya Nyata (kVA)

#### F. Intensitas Konsumsi Energi

[3] IKE atau intensitas konsumsi listrik adalah suatu parameter yang digunakan untuk melihat seberapa besar pemanfaatan energi pada suatu sistem. Nilai IKE dilihat dari perbandingan antara total pemanfaatan energi listrik dengan luas bangunan gedung. Jika nilai IKE semakin besar maka pemanfaatan listrik yang digunakan cukup besar, sehingga terjadinya pemanfaatan energi listrik yang berlebih memicu pemborosan listrik. Namun, masih harus diselidiki cara pemanfaatan energi listrik itu sendiri seperti apa. Nilai IKE dijabarkan sebagai berikut :

$$IKE = \frac{E_{pakai}}{L_{gedung}} \quad (2.7)$$

Dimana

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

$E_{pakai}$  = Konsumsi Energi (kWh)

$L_{gedung}$  = Luas Bangunan (m<sup>2</sup>)

## II. Situasi di Lapangan & Data Pemakaian Daya Listrik

### A. Karakteristik penggunaan listrik RSUD Merauke

[8] Dalam kelistrikan penting untuk memperhatikan baik perawatan maupun kondisi dari suatu alat listrik. Oleh karena itu memecahkan masalah kelistrikan dan sirkuit kontrol. Perawatan dan pemecahan tentang alat-alat kelistrikan penting dalam mengetahui, mengidentifikasi, mencegah, dan memperbaiki masalah yang biasa ditimbulkan olehnya. Pada akhirnya semua itu bertujuan agar meningkatkan produktifitas dan mengurangi biaya perawatan.

Konsumsi pemakaian daya listrik di RSUD Merauke memiliki beberapa peralatan medis yang bertujuan untuk pelayanan pasien di RSUD Merauke. Selain itu pemakaian listrik juga mempunyai tujuan untuk kenyamanan baik untuk calon pasien maupun pasien yang sedang menjalani perawatan rawat inap. Konsumsi puncak pemakaian daya listrik di RSUD Merauke terjadi pada jam 18.00 WIT hingga jam 00.00 WIT

Distribusi listrik yang ada di RSUD Merauke disuplai dengan daya listrik 630 kVA dari PLN. Daya tersebut akan diturunkan tegangannya dengan trafo step-down menjadi 20 kV. Setelah itu, Tegangan dari trafo akan dialirkan ke Panel Utama Tegangan Rendah (PUTR). Dari PUTR tersebut akan mendistribusikan daya yang ada dari PLN menuju beban-beban listrik yang ada di RSUD Merauke sesuai dengan yang dibutuhkan.

### B. Data Penerangan Lampu Radiologi

Penerangan lampu di RSUD Merauke menggunakan lampu LED yang memiliki daya dari 40 watt hingga 100 watt sesuai

dengan kebutuhan tiap ruangan. Untuk ruangan rawat inap itu menggunakan lampu dengan daya 40 watt di tiap kelas ruangnya. Lampu penerangan ruangan ini bertujuan untuk menerangi ruangan yang ada di RSUD Merauke dan membantu setiap pekerjaan yang membutuhkan penerangan. Data penerangan lampu radiologi bisa dilihat di tabel 1 sebagai berikut.

**Tabel 1 : Data Lampu RSUD Merauke**

Nama Ruangan	Ukuran Ruangan		Lampu (W)		
	P (m)	L (m)	40	60	100
	USG	5	3		✓
Pemeriksaan Mamografi & Foto Panoramic Dental	6	4,5		✓	
Rontgen Monitor	2	4,5	✓		
Rontgen Pemeriksaan	5,5	4,5		✓	
CT Scan Monitor	1,5	4,5	✓		
CT Scan Pemeriksaan	5,5	4,5		✓	
Laboratorium	18	15			✓
ICU	3	4		✓	

### C. Data Kapasitas PK AC Ruangan

Penggunaan AC di RSUD Merauke juga perlu dipertimbangkan. AC yang berada di RSUD Merauke menggunakan AC dengan kapasitas dari 1/2 PK hingga 2 PK. AC ini bertujuan untuk mendinginkan ruangan yang ada di RSUD Merauke yang pada akhirnya memberikan kenyamanan bagi yang berada di ruangan tersebut. Data kapasitas PK AC ruangan bisa dilihat di tabel 2 sebagai berikut.

**Tabel 2 : Data kapasitas AC RSUD Merauke**

Nama Ruangan	Ukuran Ruangan		Jumlah AC	Kapasitas AC			
	P	L		1/2	3/4	1	2
	USG	5		3	1		
Pemeriksaan Mamografi & Foto Panoramic Dental	6	4,5	1				✓
Rontgen Monitor	2	4,5	1				✓
Rontgen Pemeriksaan	5,5	4,5	2				✓

CT Scan Monitor	1,5	4,5	1	✓
CT Scan Pemeriksaan	5,5	4,5	2	✓
ICU	3	4	1	✓
Laboratorium	18	15	AC Central Berkapasitas 10 PK	

### III. Hasil & Pembahasan

#### A. Perhitungan Daya Lampu Ruangan Radiologi

Pengukuran pencahayaan lampu dilakukan pada masing-masing ruangan untuk menentukan standar pada pencahayaan berdasarkan SNI 6197-2011. Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan seperti yang di bab sebelumnya, maka hasil perhitungan densitas daya lampu maksimum setiap ruangan bisa dilihat di tabel 3 dan standarnya di tabel 4 sebagai berikut.

**Tabel 3 : Daya Lampu Ruangan RSUD Merauke**

Ruangan	Lampu		Luas Area		Tinggi Lampu (N)	Pencahayaan (W)	Pencahayaan (disarankan) (W)
	40 W	60 W	P (m)	L (m)			
<b>USG</b>							
	✓		5	3	1	16 W/m <sup>2</sup>	10,12 W/m <sup>2</sup>
<b>Pemeriksaan Mamografi &amp; Foto Panoramic Dental</b>							
	✓		6	4,5	1	13,34 W/m <sup>2</sup>	10,12 W/m <sup>2</sup>
<b>Rontgen</b>							
Monitor	✓		2	4,5	1	8,89 W/m <sup>2</sup>	7,64 W/m <sup>2</sup>
Pemeriksaan		✓	5,5	4,5	1	9,7 W/m <sup>2</sup>	10,12 W/m <sup>2</sup>
<b>CT Scan</b>							
Monitor	✓		1,5	4,5	1	11,85 W/m <sup>2</sup>	7,64 W/m <sup>2</sup>
Pemeriksaan		✓	5,5	4,5	1	9,7 W/m <sup>2</sup>	10,12 W/m <sup>2</sup>
<b>Laboratorium</b>							
		✓	18	15	1	9 W/m <sup>2</sup>	12,26 W/m <sup>2</sup>
<b>ICU</b>							
	✓		3	4	1	5 W/m <sup>2</sup>	7,32 W/m <sup>2</sup>

Tabel 4 : SNI 6197-2020

Nama Ruangan	Densitas daya lampu maksimum (Watt/m <sup>2</sup> )
Ruang Tunggu	7,64
Kasir	7,64
Apotik	17,76
Ruang Radiologi	10,12
Ruang Rawat Inap	7,32
Ruang Operasi	24,33
Ruang Bersalin	15,07
Laboratorium	12,16
Ruang rekreasi dan Rehabilitasi	13,45
Ruang Koridor	7,64
Ruang Kantor Staff	7,64
Kamar Mandi & Toilet Pasien	6,78

Nama Ruangan	Tingkat pencahayaan rata-rata ( $E_{rata-rata}$ ) minimum (lux)
Ruang tunggu	200
Kasir	300
Apotik	750
Ruang Radiologi	500
Ruang rawat inap	350
Ruang operasi	1.000
Ruang bersalin	1.000
Laboratorium	500
Ruang rekreasi dan rehabilitasi	250
Ruang koridor	150
Ruang kantor staff	350
Kamar mandi & toilet pasien	200

### B. Perhitungan Kapasitas AC

Hasil pengukuran kebutuhan AC yang efisien berdasarkan standar pengkondisian udara. Hasil perhitungan kapasitas AC bisa dilihat di tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5 : Kapasitas AC di RSUD Merauke

Ruangan	Luas Area	Koe-fisien Ruang-an	Spesifikasi (PK)	
			Terpasang	Disarankan
USG	15	500 BTU/hr	2	1
Pemeriksaan Mamografi & Foto Panoramic Dental Rontgen	27	500 BTU/hr	2	2
a. Monitor	9	500 BTU/hr	2	$\frac{3}{4}$
b. Pemeriksaan	25	500 BTU/hr	2	$1\frac{1}{2}$
CT Scan				
a. Monitor	7	500 BTU/hr	2	$\frac{1}{2}$
b. Pemeriksaan	25	500 BTU/hr	2	$1\frac{1}{2}$
Laboratorium	270	500 BTU/hr	10	8

Masing-masing ruangan kerja memiliki kebutuhan AC yang berbeda dikarenakan luas ruangan yang dimilikinya. Semakin luas ruangan maka kebutuhan AC semakin banyak. Data rekomendasi kapasitas AC bisa dilihat di tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6 : Kapasitas AC Berdasarkan Luas Ruangan

Kapasitas AC (PK)	BTU/hr	Luas Ruangan (m <sup>2</sup> )
$\frac{1}{2}$	5000	3 x 3
$\frac{3}{4}$	7000	3 x 4
1	9000	4 x 4
$1\frac{1}{2}$	12000	4 x 6
2	18000	6 x 8
$2\frac{1}{2}$	24000	8 x 8
3	27000	10 x 8
5	48000	10 x 10

### C. Perhitungan Pemakaian Daya Listrik RSUD Merauke

Hal pertama yang harus dioperasikan adalah jumlah pemakaian listrik yang ada di RSUD Merauke. Data perhitungan jumlah ruangan rawat inap bisa dilihat di tabel 8 sebagai berikut.

**Tabel 7 : Klasifikasi Ruang Rawat Inap RSUD Merauke**

Nama Ruang	Tipe Kelas						Total
	III	II	I	VIP	VVIP	Khusus	
VIP Alfa	-	-	8	8	-	-	16
VIP Omega	-	-	16	-	-	-	16
Bedah Nifas	28	2	-	-	-	-	30
Ber-Salin	21	3	4	2	-	-	30
Peri-Natal	10	-	2	-	-	-	12
Anak Penyakit Dalam	-	10	5	-	-	3	18
Infeksi ICU	21	8	8	-	-	-	37
ICCU	16	13	-	-	-	-	29
PICU	16	6	2	-	-	-	24
ELLELSAY	-	-	-	2	-	-	2
IGD PONEK	-	-	-	-	-	-	0
	-	-	-	2	-	-	2
	8	6	-	-	-	-	14
	-	-	-	-	-	4	4
<b>TOTAL</b>	120	48	45	14	0	7	234

Klasifikasi ruangan ini mencakup seluruh ruangan rawat inap yang ada di RSUD Merauke yang berjumlah 234 ruangan. Dari ruangan tersebut yang sudah diklasifikasi selanjutnya adalah menghitung jumlah daya listrik yang dipakai disetiap kelas ruangan rawat inap. Total pemakaian tiap tipe ruangan rawat inap bisa dilihat di tabel 9 sebagai berikut.

**Tabel 8 : Total Pemakaian Tiap Tipe Ruang Rawat Inap**

Tipe Ruang	Peralatan Listrik	Daya (W)	Jumlah (Unit)	Total Pemakaian (W)
Kelas VIP	AC 2 PK	1710	1	1710
	TV 32 Inch	60	1	60
	Lampu Bundar	60	1	60
	<b>Total</b>			<b>1830</b>
Kelas I	AC 1 PK	650	1	650
	TV 32 Inch	60	1	60
	Lampu Bundar	60	1	60
	<b>Total</b>			<b>770</b>
Kelas II	Lampu Bundar	60	2	120
<b>Total</b>				<b>120</b>

Kelas III	Lampu Bundar	60	4	240
<b>Total</b>				<b>240</b>

Sehingga diperoleh jumlah pemakaian listrik ruang rawat inap adalah :

$$P_{total} = \sum P_{kelasIII} + \sum P_{kelasII} + \sum P_{kelasI} + \sum P_{kelasVIP}$$

$$P_{total} = (120 \times 240) + (48 \times 120) + (45 \times 770) + (14 \times 1830)$$

$$P_{total} = 94830 \text{ W}$$

Kemudian kita menghitung jmlah pemakaian daya listrik di ruangan radiologi dan laboratorium. Total Pemakaian Tiap Ruang Radiologi & Laboratorium bisa dilihat di tabel 10 sebagai berikut.

**Tabel 9 :Total Pemakaian Tiap Ruang Radiologi & Laboratorium**

Ruang Operasi				
No	Peralatan Listrik	Jumlah (Unit)	Daya Listrik (W)	Total Penggunaan
1	Lampu	8	60	480
2	Meja Operasi	1	1000	1000
3	Lampu Operasi	1	100	100
4	Monitor	1	60	60
5	Mesin Anastesi	1	50	50
6	Suction Pump	1	220	220
7	Mesin Operasi C-Arm X-ray	1	10000	10000
8	Air Conditioner (AC Central)	1	10000	10000
9	Mesin Endoscopy	2	180	360
10	Mesin Cauter	3	300	900
11	Laringo Scope	1	150	150
12	Komputer	1	100	100
13	CT Riel-Wire Cutting	1	3000	3000
14	Ruskin Bone Rongeur	1	450	450
15	Lampu UV	1	100	100
<b>Total</b>				<b>26970</b>

**Ruang Pemeriksaan Mamografi & Foto Panoramic Dental (Gigi)**

No	Peralatan Listrik	Jumlah (Unit)	Daya Listrik (W)	Total Penggunaan
1	Lampu	2	60	120
2	Air Conditioner	1	1540	1540
3	Alat Sinar Scan X-Ray Gigi	1	800	800
4	Alat Pendeteksi Kanker Payudara	1	1200	1200
5	CPU	1	500	500
6	Monitor	1	100	100
<b>Total</b>				<b>4260</b>

Ruang Rontgen				
No	Peralatan Listrik	Jumlah (Unit)	Daya Listrik (W)	Total Penggunaan
1	Lampoon	6	60	360
2	Air Conditioner	3	1690	5070
3	Alat Pendeteksi Sinar Rontgen	1	2000	2000
4	Flatbed Pendeteksi Sinar Rontgen	1	1000	1000
5	Komputer	1	2	200
6	Printer Rontgen	1	1	60
Total				8690

Ruang USG				
No	Peralatan Listrik	Jumlah (Unit)	Daya Listrik (W)	Total Penggunaan
1	Lampoon	4	60	240
2	Air Conditioner	1	1540	1540
3	Alat Pemeriksa USG	1	600	600
Total				2380

Ruang CT-Scan				
No	Peralatan Listrik	Jumlah (Unit)	Daya Listrik (W)	Total Penggunaan
1	Lampu	6	60	360
2	Air Conditioner	3	1690	5070
3	Monitor	2	100	200
4	Printer Foto Rontgen	1	60	60
5	Printer Kertas	1	30	30
6	Alat CT-Scan	1	20000	20000
Total				25720

Ruang ICU				
No	Peralatan Listrik	Jumlah (Unit)	Daya Listrik (W)	Total Penggunaan
1	Lampu	1	60	60
2	Air Conditioner	1	1540	1540
3	Ventilator	1	500	500
Total				2100

Ruang Laboratorium				
No	Peralatan Listrik	Jumlah (Unit)	Daya Listrik (W)	Total Penggunaan
1	Komputer	15	100	1500
2	Printer	4	50	200
3	Air Conditioner (AC Central)	1	12000	12000
4	Alat Urin Analyzer Otomatis	3	100	300

5	Alat Hematologi Analyzer Otomatis	3	100	300
6	Alat Hemostasis Otomatis	1	80	80
7	Alat Kimia Analyzer Otomatis	2	3500	7000
8	Alat LED analyzer Otomatis	1	50	50
9	UPS	3	800	2400
10	Alat CD4 Analyzer	1	100	100
11	Alat Elektrolit Otomatis	2	60	120
12	Alat POCT AGD Analyzer	1	240	240
13	Alat POCT HbA1C Analyzer	1	100	100
14	Alat Sentrifus	1	80	80
15	Alat Mini Vidas	1	150	150
16	Kulkas	4	175	700
17	Lampoon	12	100	1200
18	AC Central	1	10000	10000
Total				36520

Ruangan HD				
No	Peralatan Listrik	Jumlah (Unit)	Daya Listrik (W)	Total Penggunaan
1	Lampoon	6	60	360
2	Air Conditioner	3	1710	5130
3	Dialyzer	8	3000	24000
4	Komputer	2	100	200
Total				29690

Hasil dari perhitungan ruangan radiologi dan laboratorium adalah.

$$P_{Utilitas} = P_{Operasi} + P_{Rontgen} + P_{USG} + P_{Dental} + P_{CTScan} + P_{Laboratorium} + P_{ICU} + P_{HD}$$

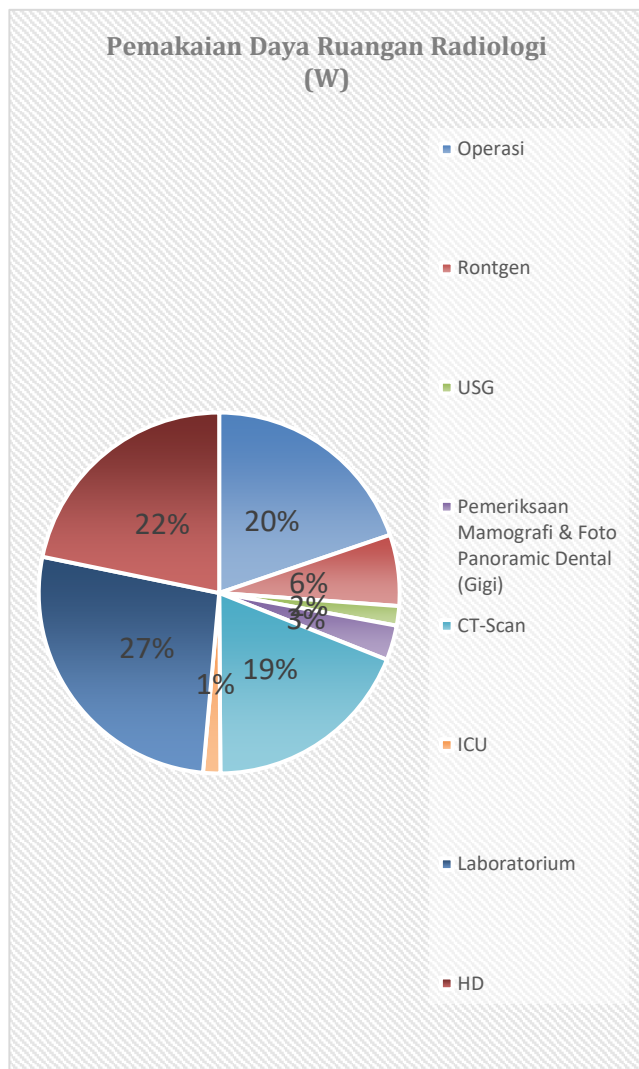
$$P_{Utilitas} = (4 \times 26970) + 8690 + 2380 + 4260 + 36520 + 25720 + 2100 + 29690$$

$$P_{Utilitas} = 217240 \text{ W}$$



Persebaran daya listrik diruangan radiologi bisa dilihat di diagram 1 sebagai berikut.

Diagram 1 : Pemakaian Daya Ruangan Radiologi



Sehingga hasil yang telah dijabarkan akan dioperasikan ke dalam perhitungan :

$$\begin{aligned}
 P_{total} &= P_{utilitas} + P_{inap} \\
 &= 217240 + 94830 \\
 &= 312070 \text{ W} \\
 &= 312 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

#### D. Perhitungan Faktor Daya & IKE

Dengan menghitung seluruh pemakaian daya baik dari ruangan utilitas maupun perawatan dari RSUD Merauke, maka perhitungan faktor daya

Diketahui : Daya Pasokan PLN 630 kVA

Ditanya : Faktor Daya

Penyelesaian :

$$pf = \frac{P_{semu}}{P_{total}} \tag{2.6}$$

Maka,

$$pf = \frac{312070}{630000}$$

$$= 0,49 = 0,5$$

Jadi faktor daya yang ada di RSUD Merauke mencapai 0,5, yang mana itu belum memenuhi standar yang ada di Indonesia yaitu 0,85.

Untuk mencapai standar faktor daya yang sesuai dengan yang tertera maka perbaikan nilai faktor daya diperlukan. Caranya yaitu dengan menggunakan kapasitor bank pada sistem PUTR RSUD Merauke. Penyelesaiannya adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$S = 630 \text{ kVA}$$

$$P = 312 \text{ kW}$$

$$\text{Cos } \theta = 0,5$$

Ditanya :

Kapasitor Bank yang diperlukan pada saat  $\text{Cos } \theta = 0,5 \dots$

Penyelesaian :

Pertama, kita menentukan daya reaktif dari nilai-nilai yang sudah diketahui,

$$Q_{awal} = \sqrt{s^2 - p^2}$$

$$Q_{awal} = \sqrt{630k^2 - 312k^2}$$

$$Q_{awal} = 547 \text{ kvar}$$

Kemudian kita mencari nilai S dengan faktor daya 0,85,

$$S = \frac{P}{\text{Cos } \theta}$$

$$S = \frac{312kW}{0,85}$$

$$S = 367 \text{ kVA}$$

Lalu kita mencari nilai Q yang didapatkan dengan faktor daya 0,85,

$$Q_{akhir} = \sqrt{s^2 - p^2}$$

$$Q_{akhir} = \sqrt{367k^2 - 312k^2}$$

$$Q_{akhir} = 193 \text{ kvar}$$

Setelah itu kita mencari nilai Q kapasitor bank dengan mengoperasikan nilai Q awal dan Q akhir. Karena sistem PUTR adalah sistem 3 fasa maka kita akan membaginya dengan nilai 3,

$$Q_{capasitor} = Q_{awal} - Q_{akhir}$$

$$Q_{capasitor} = 547k - 193k$$

$$Q_{capasitor} = 354 \text{ kvar}$$

$$Q_{capasitor} = 354 / 3$$

$$Q_{capasitor} = 118 \text{ kvar per fasa}$$

Maka berdasarkan perhitungan tersebut maka capasitor bank yang digunakan di RSUD Merauke disarankan yang kapasitas 125 kvar di sistem PUTR.

[3] Intensitas Konsumsi Energi (IKE) adalah jumlah penggunaan energi listrik tiap meter persegi luas bangunan dalam periode tertentu. Luas bangunan RSUD Merauke mencapai 10085,25 m<sup>2</sup>. Sedangkan kapasitas total kapasitas konsumsi daya di RSUD Merauke mencapai 312079 W dengan konsumsi rata-rata listrik bulanan RSUD Merauke yaitu 150 kWh. Perhitungan IKE adalah sebagai berikut...

$$IKE = \frac{E_{pakai}}{L_{gedung}} \quad (2.7)$$

Maka, dari persamaan tersebut diperoleh...

$$IKE = \frac{1800000}{10085}$$

$$IKE = 178,48 \text{ kWh/m}^2 \text{ tahun}$$

Penjabaran perhitungan IKE rata-rata ESDM bisa dilihat di tabel 11 sebagai berikut.

**Tabel 10 : Perhitungan IKE Rata-rata ESDM**

RUMAH SAKIT	JUMLAH GEDUNG	IKE RATA-RATA	RANGE IKE			
			Top Quartile (1-25%)	2nd Quartile (26%-50%)	3rd Quartile (51%-75%)	Bottom Quartile (76%-100%)
Kelas A	10	101,72	<63,39	63,39 - 85,66	85,66 - 108,95	>108,95
Kelas B	18	226,55	<143,87	143,87 - 264,36	204,68 - 221,29	>221,29
Kelas C	25	179,50	<122,14	122,14 - 163,32	163,32 - 209,18	>209,18
RATA-RATA	53	180,81	<103,42	103,42 - 154,08	154,08 - 215,17	>215,17

Sehingga nilai IKE RSUD Merauke menempati kuartil ketiga untuk Rumah Sakit kelas C

#### IV. Kesimpulan & Saran

##### A. Kesimpulan

Hasil analisis telah yang dilakukan beberapa kesimpulan dari hasil audit energi, terkait dengan konsumsi energi, sistem pencahayaan, sistem pengkondisian udara RSUD Merauke yang bisa penulis ambil antara lain :

1. Sistem Pencahayaan Ruang RSUD Merauke yang telah melewati batas standar sesuai yang sudah ditentukan. Ini dikarenakan lampu yang berada di ruangan tersebut lebih banyak dari yang telah disarankan atau lampu yang dipakai di ruangan menggunakan lampu yang lebih besar dayanya dari yang seharusnya. Solusinya yaitu menggunakan lampu yang memiliki daya yang lebih kecil dari yang sebelumnya

2. Suhu Ruang RSUD Merauke yang melewati standar dari yang seharusnya. Kapasitas AC yang terlalu besar untuk suatu ruangan dari yang disarankan menjadi penyebab dari itu. Penggunaan AC yang jumlahnya lebih banyak dari yang seharusnya bisa menjadi faktor suhu ruangan yang lebih dingin dari standar. Perlu dilakukan penurunan atau penggantian AC dengan kapasitas PK yang lebih kecil

3. Faktor Daya RSUD Merauke yang belum memenuhi standar. Ini disebabkan oleh pemasok kapasitas daya listrik dari PLN yang cukup besar yang digunakan di RSUD Merauke. Akhirnya menyebabkan pemakaian listrik dengan daya lebih tinggi dari yang diperkirakan. Solusinya yaitu dengan menambahkan kapasitor bank di sistem PUTR RSUD Merauke.

4. Nilai IKE RSUD Merauke yang menurut standar ESDM tahun 2021 dimana RSUD Merauke menempati di posisi 3rd quartile. Ini menunjukkan bahwa nilai IKE tersebut masih memenuhi antara 51%-75% standar populasi Rumah Sakit yang ada di Indonesia. Namun, kiranya perlu diperhatikan kembali menjelang penambahan ruangan maupun fasilitas yang ada di RSUD Merauke. Karena itu akan memengaruhi keseluruhan nilai yang ada dari apa yang telah diteliti dan dibahas.

##### B. Saran

Secara garis besar hasil riset yang telah dilaksanakan pada RSUD Merauke saat ini dapat diberikan saran yang dapat menunjang perusahaan menjadi lebih efisien dan mahasiswa yang mengambil judul penelitian audit energi lebih baik menggunakan data-data historis yang sudah diperbaharui/revisi pihak yang bersangkutan dan menggunakan Peluang Hemat Energi (PHE) pada pemasangan kapasitas daya listrik dari PLN untuk RSUD Merauke agar lebih optimal. Dan kiranya apa yang sudah menjadi poin bagus dalam hasil pengauditan energi ini bisa ditingkatkan menjadi lebih baik lagi dari sebelumnya.

#### V. Kutipan

- [1] A. Thumann, W. J. Younger, and T. Niehus, "Handbook of Energy Audits Eighth Edition," Georgia, USA, 2010.
- [2] E. IIT, "Basic Electrical Technology," Kharagpur, India, 2008.
- [3] E. R. Purba, S. Turinno, and B. Sutrisno, "BENCHMARKING SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION DI BANGUNAN KOMERSIAL,"

Balai Besar Teknologi Konversi Energi, Tangerang Selatan, Indonesia, 2021.

- [4] G. Dall'o', "Green Energy and Technology A Guide for a Sustainable Energy Audit of Buildings Green Energy Audit of Buildings," Milan, Italy, 2013
- [5] H. Sadat, "Power System Analysis," *Power System Analysis by Hadi Sadat*, 1999.
- [6] I. M. Shapiro, "Energy Audits and Improvements for Commercial Buildings," New York, USA, 2016.
- [7] J. J. Grainger and W. D. Stevenson. Jr, "Power System Analysis," New York, USA, 1994.
- [8] M. Brown, J. Rawtani, and D. Patil, "Practical Troubleshooting of Electrical Equipment and Control Circuits," Massachusetts, USA, 2005.

#### Profil Penulis



Penulis bernama lengkap Vincent Andrew Jehuda Kalalo, lahir di Manado, Sulawesi Utara pada 19 Januari pada tahun 2001. Penulis menempuh Pendidikan di SD Budhi Mulia, Merauke pada tahun 2007 sampai 2009. Lalu pendidikan SD diteruskan hingga lulus pada tahun 2013 di SD.Kr Eben Haezar 1, Manado sejak berpindah sekolah di tahun 2009. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 2, Merauke pada tahun 2013 hingga 2016, lalu melanjutkan di SMA Negeri 1 Merauke pada tahun 2016 hingga 2019. Dalam tahun 2019 penulis mengambil pendidikan S1 di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado dengan program studi Teknik Elektro. Penulis mengambil peminatan Teknik Tenaga Listrik dan Tegangan Tinggi pada tahun 2021 dan selama pendidikan Penulis turut andil dalam pembangunan fasilitas PLTS Rumah bagi penduduk di Desa Lalumpe. Penulis pernah ikut terlibat dalam kegiatan Kuliah Kerja Terpadu (KKT) pada KKT 134 Posko Tumpaan Dua, Kecamatan Tumpaan, Kabupaten Minahasa Selatan.