

EVALUASI PENCAHAYAAN DAN PELUANG PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK DI GEDUNG REKTORAT UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA

Rino Nugrahadi^{1*}, Karnoto², Ajub Ajulian Zahra Macrina³

^{1,2,3}Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

*)Email : rinonugrahadi@gmail.com

Abstrak

Penggunaan energi listrik di Indonesia semakin meningkat pertumbuhannya. Konservasi dan analisis penghematan energi di sisi konsumen perlu dilakukan guna mencegah pemborosan energi listrik. Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata dipilih menjadi objek audit karena sebelumnya belum pernah ada yang meneliti penghematan energi listrik. Audit energi dilakukan dengan metode IKE (Intensitas Konsumsi Energi) dan PES (Pengguna Energi Signifikan). IKE menentukan efisiensi suatu gedung berdasarkan Permen ESDM No 13 tahun 2012. PES digunakan untuk menentukan distribusi konsumsi daya yang terpasang di lapangan sehingga PHE (Peluang Hemat Energi) dapat dihitung. IKE Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata Semarang masuk ke dalam kategori Efisien, dengan nilai IKE ber-AC dan non-AC berturut-turut di tahun 2022 sebesar 12,4 dan 2,7 sehingga bisa ditingkatkan menjadi Sangat Efisien. Penghematan dilakukan dengan kategori *No/Low Cost* dengan penghematan sebesar Rp48.239.226/tahun, *Medium Cost* sebesar Rp3.486.240/tahun, dan *High Cost* sebesar Rp17.280.000/tahun. Penghematan meliputi setting temperatur AC, pengurangan jam operasional, pergantian lampu, dan pergantian PC konvensional ke AiO PC. Dilakukan evaluasi terhadap sistem pencahayaan di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata agar seluruh ruangan mencapai lux yang sesuai dengan SNI 6197-2020. Hasil audit akan digunakan sebagai laporan rekomendasi penghematan energi listrik yang lebih baik supaya mampu menekan biaya tagihan listrik.

Kata kunci: IKE, PES, audit energi, penghematan, lux

Abstract

The use of electrical energy in Indonesia is increasing. The Soegijapranata Catholic University Rectorate Building was chosen as the object of the audit because no one had previously researched electrical energy savings. IKE determines the efficiency of a building based on Minister of Energy and Mineral Resources Regulation No. 13 of 2012. PES is used to determine the distribution of power consumption installed in the field so that PHE (Energy Saving Opportunities) can be calculated. The IKE of the Soegijapranata Catholic University Semarang Rectorate Building is included in the Efficient category, with AC and non-AC IKE scores respectively in 2022 of 12.4 and 2.7 so that it can be upgraded to Very Efficient. Savings are made in the *No/Low Cost* category with savings of IDR 48,239,226/year, *Medium Cost* of IDR 3,486,240/year, and *High Cost* of IDR 17,280,000/year. Savings include setting AC temperature, reducing operating hours, replacing lights, and changing conventional PCs to AiO PCs. An evaluation was carried out on the lighting so that all rooms achieved lux in accordance with SNI 6197-2020. The audit results will be used as a recommendation report to reduce electricity bill costs.

Keyword : IKE, PES, energy audits, efficiency, lux

1. Pendahuluan

Memasuki era industri 4.0 ini, energi listrik menjadi kebutuhan yang paling mendasar bagi umat manusia, bahkan tidak terlepas dari kehidupan sehari-hari. Seluruh kegiatan manusia kini wajib menggunakan energi listrik, seperti pada sektor industri, pendidikan, sarana umum, dan lain-lain. Menurut data dari Badan Pusat Statistik, laju pertumbuhan

konsumsi energi listrik di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya [1]. Penyebabnya adalah karena penggunaan energi listrik semakin meningkat yang dipengaruhi oleh perkembangan alat-alat elektronik seperti komputer, *power supply*, AC, dan peralatan lainnya. Namun perkembangan teknologi pada peralatan elektronik tersebut dapat menimbulkan beberapa masalah pada sistem tenaga listrik

dan mengakibatkan pemborosan energi listrik jika tidak diterapkan manajemen energi yang tepat.

Sebagai salah satu infrastruktur negara, total konsumsi energi bangunan gedung mencapai angka 23% dari total konsumsi energi seluruh infrastruktur [2]. PP Nomor 22 tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional menetapkan bahwa target peluang penghematan energi nasional adalah 17% pada tahun 2025 dan 38% pada tahun 2050 [3]. Target peluang penghematan energi yang dipublikasikan berlaku untuk semua industri, tak terkecuali konstruksi. Dengan program pemerintah ini, konsumen listrik dapat berpartisipasi dalam mewujudkan penghematan listrik di seluruh sektor melalui pengelolaan energi yang baik.

Berdasarkan penelitian yang sudah ada mengenai audit energi di suatu bangunan gedung, menunjukkan bahwa dengan penghematan energi listrik bisa dilakukan dengan melakukan audit menyeluruh terhadap jumlah beban dan dilakukan analisis terhadap IKE (Intensitas Konsumsi Energi) sesuai dengan standar yang berlaku. Dengan begitu, maka dapat dilakukan mitigasi terhadap prosedur penghematan yang bisa dilakukan sebagai upaya menekan biaya tagihan listrik. Penulis mengambil topik mengenai analisis peluang penghematan energi listrik guna mengurangi jumlah tagihan listrik dan analisis terhadap sistem pencahayaan gedung. Referensi yang digunakan penulis bersumber dari penelitian dengan topik serupa yang pernah dibahas mengenai Audit Energi Sebagai Upaya Penghematan Energi Listrik di Gedung MSTP Undip Jepara [4], dan Audit Energi dan Analisis Peluang Penghematan Konsumsi Energi di PT. Harmoni Putra Solusindo Semarang [5].

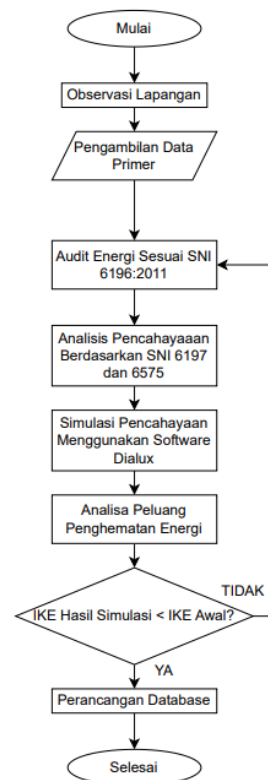
Adapun penelitian ini akan berfokus kepada pembahasan terkait dengan analisis IKE (Intensitas Konsumsi Energi) dan PES (Pengguna Energi Signifikan) di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata Semarang. Berdasarkan survei yang dilakukan di lapangan, dihasilkan bahwa di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata belum pernah dilakukan audit energi sebagai bentuk rencana penghematan energi listrik. Konsumsi energi listrik dari Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata dari tahun 2020-2022 juga mengalami peningkatan biaya tagihan bulanan. Oleh karena itu, perlu dilakukan audit energi terhadap Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata untuk menentukan kriteria efisiensi konsumsi energi listrik dan penghematan PHE yang mengacu pada Permen ESDM No 13 tahun 2012 [6]. Kriteria dan PHE ini yang menjadi dasar rekomendasi laporan penghematan energi listrik untuk manajemen energi yang lebih baik untuk mencapai tujuan efisiensi dan mengurangi biaya tagihan listrik di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata. Selain itu, akan dilakukan juga analisis terhadap penerangan berupa pengambilan data lampu dan

simulasi menggunakan *software* Dialux untuk mendapatkan intensitas pencahayaan yang sesuai dengan standar.

2. Metodologi

2.1. Alur Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada tahap pertama Penelitian Analisis Peluang Penghematan Energi Listrik di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, audit energi awal dilakukan untuk menghitung nilai IKE. Hal ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder tarif rekening listrik gedung. Langkah selanjutnya adalah mengumpulkan data awal di lapangan dan melakukan analisis awal yang digunakan untuk mengolah data menggunakan Google Spreadsheet. Selanjutnya, penelitian berdasarkan literatur yang berkaitan dengan audit energi menggunakan metode IKE dan PES dilakukan. Selain itu, analisis intensitas pencahayaan ruang yang didasarkan pada SNI 6197 tahun 2020 dilakukan. Kemudian, peluang penghematan energi diidentifikasi yang berfungsi sebagai dasar untuk

rekomendasi konservasi energi. Hasil dari proses pengolahan data disimpan dalam database audit. Berikut tahapan dari penelitian audit energi di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata.

2.2. Audit Energi Rinci

Pada penelitian ini, audit energi dilakukan secara rinci dengan mengubah data sekunder dan primer. Data sekunder digunakan untuk menghitung data total tarif rekening listrik dan konsumsi daya gedung untuk menghasilkan nilai IKE. Data primer diambil secara langsung dari Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata dengan menggunakan audit energi yang menyeluruh, yang mencakup survei dan analisis energi. Gambaran output dari audit energi rinci adalah dibuatnya database yang berisikan nilai IKE, PES, Lux, dan Penghematan dan bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang penggunaan serta penghematan energi, laporan rekomendasi penghematan menggunakan analisis PHE, dan analisis biaya untuk rekomendasi penghematan.

2.3. Data Primer

Pengambilan data primer dilakukan untuk melengkapi data sekunder yang telah didapatkan sehingga menghasilkan simulasi aliran daya yang mirip dengan keadaan nyata. Di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, pengukuran, observasi, dan wawancara dilakukan untuk mendapatkan data-data primer tersebut. Data primer yang diambil dilakukan dengan mengukur secara langsung terkait dengan tegangan, arus, dan komposisi daya pada setiap Main Distribution Panel (MDP), dan Sub Distribution Panel (SDP). Selanjutnya akan dilakukan pengukuran terhadap luas permukaan setiap ruangan, jumlah beban (lampu, air conditioner, dan peralatan elektronik lainnya), dan nilai lux pada setiap ruangan.

2.4. Analisis Intensitas Cahaya

Pada penelitian ini juga dilakukan analisis terhadap nilai lux pada setiap ruangan di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata, karena lampu yang digunakan di masing-masing ruangan berbeda-beda. Dilakukan pemeriksaan terhadap nilai lux di setiap ruangan untuk memastikan semuanya telah memenuhi standar SNI No.6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan dan standar SNI 03-6575-2001 untuk jumlah lampu penerangan yang ideal untuk setiap ruangan. Dengan Lux meter di atas meja kerja, pengukuran Lux dilakukan pada kondisi normal di siang hari.

Untuk setiap ruangan, terdapat dua kategori intensitas cahaya yakni “Kurang” dan “Memenuhi”. Kategori ini disesuaikan dengan standar intensitas cahaya (Lux) masing-masing ruangan dengan fungsinya. Selanjutnya, perhitungan dilakukan untuk pergantian lampu watt yang rendah tetapi memiliki lumen yang tinggi, sehingga membuat ruangan lebih terang dan menggunakan lebih sedikit listrik.

2.5. Prosedur Penghematan Energi

Perhitungan untuk prosedur penghematan peluang hemat energi (PHE) dilakukan menggunakan Google Spreadsheet. Perhitungan ini dilakukan menggunakan database Google Spreadsheet yang telah dibuat sebelumnya. Kriteria yang akan dibahas yakni meliputi daya, kWh, dan penghematan untuk masing-masing jenis peralatan listrik yang dibagi menjadi 3 kategori yaitu *No/Low*, *Medium*, dan *High Cost*. Perhitungan pertama dilakukan dengan Google Spreadsheet pada penelitian ini menggunakan beberapa formula seperti SUM, *, /, IF, dan VLOOKUP. Hal ini dilakukan untuk perhitungan penghematan Pengguna Energi Signifikan di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata menggunakan data aktual.

2.6. Perancangan Database

Database yang dihasilkan dari pengolahan data audit energi dirancang menggunakan *software* Google Spreadsheet. Database ini ditujukan untuk dapat diakses oleh teknisi maupun pegawai untuk mengetahui beberapa data, antara lain: nilai IKE gedung, PES, jumlah peralatan, total daya, dan total kWh, perbandingan nilai intensitas cahaya (lux) aktual dengan standar SNI, perbandingan jumlah lampu terpasang dan perhitungan lampu ideal, serta prosedur penghematan energi. Database ini juga dirancang untuk bisa diupdate secara berkala oleh orang yang memiliki akses tertentu jika terdapat pembaruan dalam sistem instalasi di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

2.7. Simulasi *Software* Dialux

Setelah dilakukan perancangan database yang berisikan rekomendasi prosedur penghematan, maka selanjutnya akan dilakukan perancangan denah sebaran beban dan simulasi penerangan ruangan menggunakan *software* Dialux hingga mendapatkan nilai lux yang sesuai dengan standar.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Database Audit

Penelitian ini menggunakan Google Spreadsheet dengan sistem hyperlink *cells* dari halaman utama. Halaman utama database yaitu “MENU” memiliki fitur hyperlink *cells* yang

terhubung dengan berbagai tampilan, termasuk IKE, PES, LUX, kWh, dan PHE. Tujuan dari tampilan yang digunakan pada database ini adalah untuk membuat pengguna dan auditor lebih mudah memahami data yang disajikan dan mengolah interaksi antar data serta memudahkan perhitungan data berdasarkan data yang telah dikumpulkan.

3.2. Analisis Data IKE (Intensitas Konsumsi Energi)

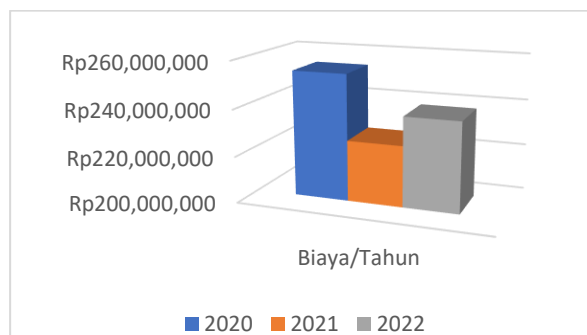
3.2.1 Data Rekening Listrik Gedung

Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata disalurkan dari PT PLN ULP Semarang dengan golongan S2 197 kVA dengan data konsumsi energi listrik dari tahun 2020 sampai 2022 sesuai pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Rekening Listrik Gedung Rektorat Unika Soegijapranata Semarang

| No | Tahun | Total kWh | Total Biaya (Rp) |
|----|-------|-----------|------------------|
| 1 | 2020 | 270.646 | 254.169.441 |
| 2 | 2021 | 243.984 | 226.171.499 |
| 3 | 2022 | 257.268 | 238.486.880 |

Gambar 2 menunjukkan perkembangan total tarif biaya listrik energi listrik dari tahun 2020 hingga 2022 di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata.



Gambar 2. Grafik Total Biaya Listrik Pertahun 2020-2022

Konsumsi kWh di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata sempat turun sebesar 26.662 kilowatt-jam pada tahun 2021, seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas., lalu konsumsi kWh mengalami peningkatan sebesar 13.284 kWh di tahun 2022. Yang artinya konsumsi energi listrik pada 3 tahun terakhir tidak sepenuhnya stabil.

3.2.2 Perhitungan IKE

Perhitungan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata menghitung

penggunaan efisiensi energi listrik (kWh) terhadap luas ruangan setiap tahun. Perhitungan IKE membutuhkan informasi seperti rekening listrik, total konsumsi energi, dan luas ruangan. Menurut hasil survei, Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata masuk ke dalam kondisi 2 untuk standar perhitungan gedung ber-AC dan tanpa AC, sehingga dihasilkan perhitungan IKE seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai IKE Per Tahun Gedung Rektorat Unika Soegijapranata

| No | Tahun | kWh/tahun | IKE ber-AC/tahun | IKE tanpa AC/tahun |
|----|-------|-----------|------------------|--------------------|
| 1 | 2020 | 270646 | 154,3 | 38,5 |
| 2 | 2021 | 243984 | 144,4 | 28,6 |
| 3 | 2022 | 257268 | 149,3 | 33,5 |

Hasil perhitungan dari Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai IKE per tahun di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata sempat turun pada tahun 2021, tetapi kemudian meningkat lagi pada tahun 2022. Permen No. 13 Tahun 2012 mengenai standar IKE untuk gedung perkantoran ber-AC dan tanpa AC digunakan untuk membandingkan nilai IKE tersebut.

Nilai IKE bulanan dari Tabel 2 dapat diubah menjadi nilai IKE per bulan dengan membaginya dengan 12. Nilai ini dapat dibandingkan dengan IKE dari Permen No.13 Tahun 2012, yang disajikan pada Tabel 3 Standar ini menghasilkan empat kriteria efisiensi gedung perkantoran antara lain sangat efisien, efisien, cukup boros, dan boros. Hasil perbandingan IKE bulanan ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Perbandingan IKE Ruangan Ber-AC Per Bulan

| Tahun | IKE Per Tahun (kWh/m2/tahun) | IKE Per Bulan (kWh/m2/bulan) | Keterangan |
|-------|------------------------------|------------------------------|------------|
| 2020 | 154,3 | 12,8 | Efisien |
| 2021 | 144,4 | 12,0 | Efisien |
| 2022 | 149,3 | 12,4 | Efisien |

Tabel 4. Perbandingan IKE Ruangan Tanpa AC Per Bulan

| Tahun | IKE Per Tahun (kWh/m2/tahun) | IKE Per Bulan (kWh/m2/bulan) | Keterangan |
|-------|------------------------------|------------------------------|----------------|
| 2020 | 38,5 | 3,2 | Sangat Efisien |
| 2021 | 28,6 | 2,3 | Sangat Efisien |
| 2022 | 33,5 | 2,7 | Sangat Efisien |

Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan olah data nilai IKE di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata per tahun dan per bulan pada ruangan ber AC dan non-AC. Nilai IKE menurun dari tahun 2020 ke tahun 2021, kemudian meningkat pada tahun 2021 ke 2022. Hasil analisis data menunjukkan bahwa Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata memenuhi kriteria nilai IKE yang efisien untuk ruangan ber-AC. Oleh karena itu, gedung tersebut

dapat diperbaiki untuk memenuhi kriteria IKE yang sangat efisien.

3.3. Analisis Sebaran PES (Pengguna Energi Signifikan)

Untuk melakukan analisis terhadap sebaran PES (Pengguna Energi Signifikan) terlebih dahulu dilakukan pemetaan dari data primer dan sekunder. Dengan menggunakan analisis PES ini, pengguna dapat lebih mudah memahami sebaran konsumsi energi di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata. Untuk metode PES ini, data seperti konsumsi energi yang digunakan konsumen pada objek audit harus dikumpulkan, dengan asumsi bahwa setiap peralatan yang terpasang mengkonsumsi setidaknya 80% dari konsumsi energi yang tercatat dalam waktu satu tahun. Hasil survei lapangan dari sheet data peralatan harus diolah dan dihitung untuk mendapatkan jumlah konsumsi energi peralatan terpasang. Dengan cara ini, nilai sebaran konsumsi energi yang digunakan dapat diperoleh. Sebaran PES yang disajikan pada sheet PES dibagi menjadi tiga kategori yakni konsumsi lampu, AC, dan elektronik yang terhubung ke lembar kWh.

3.3.1 Konsumsi kWh

Nilai PES yang ditampilkan dalam database penelitian ini berkorelasi dengan perhitungan kWh dan data peralatan. Database utama berfungsi sebagai sumber perhitungan relasi-relasi yang digunakan oleh pengguna.

A. Konsumsi Energi per-Peralatan

Untuk menghitung konsumsi energi per-peralatan di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata, perhitungan dibuat dengan menggunakan tools Google Spreadsheet untuk setiap data peralatan yang terpasang dari hasil survei di lapangan. Perhitungan ini dimasukkan ke dalam tabel Google Spreadsheet. Gambar 3 menunjukkan detail lengkapnya.

| Template Peralatan Lampu | | | | |
|--------------------------|------|----------------|----------------|----------------|
| Jenis Lampu | Watt | Jam Penggunaan | Hari Per Bulan | Hari Per Tahun |
| Lampu TL | 24 | 8 | 25 | 300 |
| Lampu TL Ring | 22 | 12 | 25 | 300 |
| Lampu SL | 18 | 8 | 25 | 300 |
| Lampu LED | 12 | 8 | 25 | 300 |
| Lampu Sorot | 5 | 8 | 25 | 300 |

Gambar 3. Konsumsi Energi Peralatan Lampu

Hasil olah data dari perhitungan konsumsi energi peralatan lampu di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata ditunjukkan pada Gambar 3 Data yang dihitung tentang peralatan lampu pada Gambar 3 mencakup konsumsi energi setiap hari, bulan, dan tahun, serta jumlah tagihan listriknya. Perhitungan tersebut dilakukan

menggunakan formula Google Spreadsheet yang jika secara manual menggunakan persamaan 1,2,3 dan 4.

$$\begin{aligned} \text{Total Daya} &= (\text{Daya Peralatan} \times \text{Jumlah Peralatan}) & (1) \\ \text{kWh/hari} &= \text{Total Daya} \times \text{Jam Penggunaan}/1000 & (2) \\ \text{kWh/bulan} &= \text{kWh/hari} \times 25 & (3) \\ \text{kWh/tahun} &= \text{kWh/hari} \times 300 & (4) \end{aligned}$$

Perhitungan yang ada pada *cells* di sheet kWh dilakukan dengan rumus dasar ini. Hasil dari penggunaan rumus perhitungan pada Google Spreadsheet untuk merekam data beban lampu ditunjukkan di Tabel 5.

Tabel 5. Konsumsi Energi dan Daya Lampu

| Jenis Lampu | Jumlah Peralatan | Total Daya | kWh/hari | Rp/kWh/hari | Persentase |
|---------------|------------------|------------|----------|-------------|------------|
| Lampu TL | 83 | 1992 | 15,936 | Rp14.342 | 30% |
| Lampu TL Ring | 38 | 836 | 10,032 | Rp9.029 | 19% |
| Lampu SL | 53 | 954 | 7,632 | Rp6.869 | 14% |
| Lampu LED | 197 | 2364 | 18,912 | Rp17.021 | 36% |
| Lampu Sorot | 19 | 95 | 0,76 | Rp684 | 1% |
| Total | 390 | 6241 | 53,272 | Rp47.945 | 100% |

B. Contoh Perhitungan Total Daya per-Peralatan

Dalam perhitungan total daya perperalatan di Gedung Rektorat Unika Soegijapranata dilakukan perhitungan daya peralatan dikali dengan jumlah peralatan. Gambar 4 menunjukkan penerapan formula dalam Google Spreadsheet untuk menghitung daya total peralatan lampu.

| Jenis Lampu | Jumlah Peralatan | Total Daya | kWh/hari |
|---------------|------------------|------------|----------|
| Lampu TL | 83 | =H6*B6 | 15,936 |
| Lampu TL Ring | 38 | 836 | 10,032 |
| Lampu SL | 53 | 954 | 7,632 |
| Lampu LED | 197 | 2364 | 18,912 |
| Lampu Sorot | 19 | 95 | 0,76 |
| Total | 390 | 6241 | 53,272 |

Gambar 4. Formula Perhitungan Total Daya TL Neon Menggunakan Google Spreadsheet

Formula bar untuk *cells* perhitungan total daya menampilkan formula H6*B6 yang artinya “H6” merujuk kepada jumlah peralatan lampu TL yang berjumlah 83 buah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan dikalikan dengan watt dari lampu TL yang berkapasitas 24 Watt yang ada di *cells* “B6” pada tabel template peralatan lampu, sedangkan simbol bintang (*) digunakan sebagai simbol perkalian pada formula

di Google Spreadsheet. Gambar 5 menunjukkan hasil perhitungan total daya pada lampu TL

=H6*B6

| | G | H | I | J |
|--|------------------|------------|----------|---|
| Rekap Data Konsumsi Energi Lampu Gedung Rektorat Unika | | | | |
| Jenis Lampu | Jumlah Peralatan | Total Daya | kWh/hari | |
| Lampu TL | 83 | 1992 | 15,936 | |
| Lampu TL Ring | 38 | 836 | 10,032 | |
| Lampu SL | 53 | 954 | 7,632 | |
| Lampu LED | 197 | 2364 | 18,912 | |
| Lampu Sorot | 19 | 95 | 0,76 | |
| Total | 390 | 6241 | 53,272 | |

Gambar 5. Hasil Perhitungan Total Daya TL Neon Menggunakan Google Spreadsheet

Gambar 5 menunjukkan formula perhitungan Google Spreadsheet yang menghasilkan total daya sebesar 1992 Watt untuk menghitung total daya peralatan Lampu TL dan untuk menampilkan hasil perhitungan total daya peralatan lainnya seperti Lampu TL Ring, Lampu SL, Lampu LED, dan Lampu Sorot, maka dilakukan drag *cells* yang membuat formula sebelumnya dapat dihitung secara otomatis di *cells* bawahnya. Gambar 6 menunjukkan contoh penggunaannya.

=H6*B6

| | G | H | I | J |
|--|------------------|------------|----------|---|
| Rekap Data Konsumsi Energi Lampu Gedung Rektorat Unika | | | | |
| Jenis Lampu | Jumlah Peralatan | Total Daya | kWh/hari | |
| Lampu TL | 83 | 1992 | 15,936 | |
| Lampu TL Ring | 38 | 836 | 10,032 | |
| Lampu SL | 53 | 954 | 7,632 | |
| Lampu LED | 197 | 2364 | 18,912 | |
| Lampu Sorot | 19 | 95 | 0,76 | |
| Total | 390 | 6241 | 53,272 | |

Gambar 6. Hasil Drag Down *Cells* Total Daya

Gambar 6 menunjukkan data hasil drag down *cells* perhitungan total daya. Dalam data ini, total daya untuk jenis lampu TL Ring, SL, LED, dan lampu sorot akan dihitung secara otomatis menggunakan formula yang telah dimasukkan sebelumnya pada sel total daya lampu TL. Penggunaan drag *cells* ini disesuaikan dengan arah *cells* yang akan dihitung secara otomatis, sehingga memudahkan pengguna untuk menggunakan rumus yang sama untuk mengolah data.

C. Contoh Perhitungan Biaya dan Konsumsi kWh

Perhitungan biaya dan konsumsi kWh disajikan pada Gambar 7.

=(I6*C6)/1000

| | G | H | I | J | K |
|--|------------------|------------|----------|-----------|---|
| Rekap Data Konsumsi Energi Lampu Gedung Rektorat Unika | | | | | |
| Jenis Lampu | Jumlah Peralatan | Total Daya | kWh/hari | kWh/bulan | |
| Lampu TL | 83 | 1992 | 15,936 | 398,4 | |
| Lampu TL Ring | 38 | 836 | 10,032 | 250,8 | |
| Lampu SL | 53 | 954 | 7,632 | 190,8 | |
| Lampu LED | 197 | 2364 | 18,912 | 472,8 | |
| Lampu Sorot | 19 | 95 | 0,76 | 19 | |
| Total | 390 | 6241 | 53,272 | 1331,8 | |

Gambar 7. Hasil Perhitungan Konsumsi Energi Listrik Lampu TL Neon pada Google Spreadsheet

Hasil dari perhitungan formula sebelumnya yang menghasilkan konsumsi energi listrik pada peralatan lampu TL sebesar 15,936 kWh per hari seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7, sedangkan untuk menampilkan hasil konsumsi energi listrik peralatan lampu lainnya seperti Lampu TL Ring, Lampu SL, Lampu LED, dan Lampu Sorot, maka dilakukan dengan cara drag *cells*. Selanjutnya formula diubah untuk menghitung kWh per bulan dan per tahun. Caranya adalah dengan mengalikan jumlah kWh per hari dengan *cells* D5 yang mewakili 25 hari per bulan dan sel E5 yang mewakili 300 hari per tahun. Setelah menghitung jumlah energi yang digunakan setiap hari, bulan, dan tahun, biaya listrik dapat dihitung dengan mengalikan harga per kWh yang digunakan yakni Rp900 yang terdapat pada *cells* S3. Detail formula yang dimasukkan seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Formula Biaya Konsumsi Energi Listrik

| Rp/kWh/hari | Rp/kWh/bulan | Rp/kWh/tahun |
|-------------|--------------|--------------|
| J6*\$\$4 | K6*\$\$4 | L6*\$\$4 |

Formula pada *cells* menunjukkan biaya konsumsi energi per hari, bulan, dan tahun, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Jika *cells* "J5" pada *cells* Rp/kWh/hari yang menunjukkan *cells* kWh/hari diganti dengan *cells* "K5", yang menunjukkan *cells* kWh/bulan, atau *cells* "L5" yang menunjukkan *cells* kWh/tahun, dan kemudian dikalikan dengan absolut \$5\$3, maka akan menghasilkan biaya Rp/kWh/bulan dan Rp/kWh/tahun. Selanjutnya adalah dengan menghitung sebaran persentase konsumsi energi tiap peralatan untuk mengetahui penggunaan konsumsi terkecil hingga terbesar seperti pada Gambar 8.

$$f_c = (M_6/SMS11) \times 100\%$$

| L | M | N | O | P |
|---------|-------------|--------------|--------------|------------|
| tahun | Rp/kWh/hari | Rp/kWh/bulan | Rp/kWh/tahun | Persentase |
| 4780,8 | Rp14.342 | Rp358.560 | Rp4.302.720 | 30% |
| 3009,6 | Rp9.029 | Rp225.720 | Rp2.708.640 | 19% |
| 2289,6 | Rp6.869 | Rp171.720 | Rp2.060.640 | 14% |
| 5673,6 | Rp17.021 | Rp425.520 | Rp5.106.240 | 36% |
| 228 | Rp684 | Rp17.100 | Rp205.200 | 1% |
| 15981,6 | Rp47.945 | Rp1.198.620 | Rp14.383.440 | 100% |

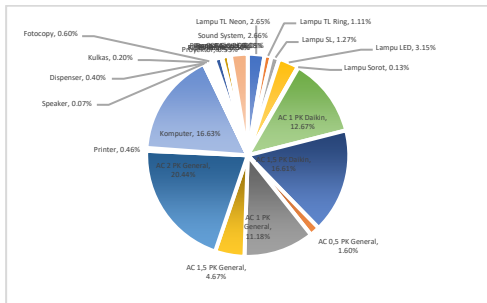
Gambar 8. Formula Perhitungan Persentase Sebaran Peralatan lampu

$$N = \frac{E.L.W}{\phi.LLF.Cu.n} \tag{5}$$

Nilai perbandingan jumlah lampu di atas diasumsikan untuk lumen lampu yang terpasang yakni $\phi=1360$ lumen (lumen lampu LED 12 Watt) dan pada gedung perkantoran menggunakan standar $E=200$ lux. Karena dinding dan plafon gedung terang, koefisien menggunakan nilai 0,65. Di sisi lain, faktor kehilangan cahaya LLF menggunakan nilai 0,8., maka dihasilkan data berupa 14 ruangan yang telah sesuai dengan standar, dan 62 ruangan yang belum sesuai.

3.3.2 Perhitungan Sebaran PES

Perhitungan sebaran PES (Pengguna Energi Signifikan) dilakukan dengan mengalikan jumlah peralatan yang terpasang dengan daya jenis peralatan. Hasil perhitungan dari PES di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata adalah seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Sebaran PES di Gedung Rektorat Unika Soegijapranata dalam Pie Chart

Gambar 9 menunjukkan peta sebaran PES peralatan di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata. Dapat dilihat juga dari gambar tersebut bahwa PES terbesar terdapat pada peralatan AC 2 PK General dengan persentase sebesar 20,44%, kemudian peralatan Komputer dengan persentase 16,63%, dan disusul dengan peralatan AC 1,5 PK Daikin dengan persentase sebesar 16,61%.

3.4. Analisis Pencahayaan

Alat ukur Lux Meter digunakan untuk mengukur sistem pencahayaan di atas meja kerja, sekitar satu meter dari sumber lampu ruangan. Pengukuran dilakukan pada kondisi sebenarnya ketika ruangan digunakan yakni sekitar pukul 09.00 - 16.00. Hasilnya didapatkan 18 ruangan yang telah memenuhi standar pada SNI 6197 tahun 2020, dan sebanyak 58 masih belum memenuhi standar. Maka dilakukan perhitungan terkait perbandingan jumlah lampu ideal dengan menggunakan persamaan 5 yang ditetapkan pada standar SNI 03-6575-2001.

Selanjutnya dilakukan simulasi pencahayaan menggunakan *software* Dialux Evo dengan mengganti lampu LED Neon 24 Watt menjadi TL LED 18 Watt serta lampu LED 12 Watt menjadi LED 22 Watt. Pergantian lampu ini bertujuan untuk dapat menaikkan nilai lux di setiap ruangan karena memiliki jumlah lumen yang lebih tinggi dari lampu yang terpasang. Hasil dari simulasi pencahayaan mampu menambah jumlah ruangan yang telah memenuhi standar yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Ruangannya Sebelum dan Setelah Mitigasi Penambahan Titik Lampu Ideal

| Jumlah Ruangannya | Sebelum | Sesudah |
|-------------------|---------|---------|
| Lux Memenuhi | 18 | 39 |
| Lux Kurang | 58 | 37 |
| Ideal Memenuhi | 14 | 28 |
| Ideal Kurang | 62 | 48 |

Penambahan lampu ideal dapat menambah jumlah ruangan yang memiliki lux yang sesuai dengan standar yang ditentukan. Namun masih terdapat juga beberapa yang masih belum sesuai standar dan hanya berbeda beberapa angka saja. Hal ini dikarenakan simulasi yang dilakukan hanya sebatas kepada perhitungan lux yang dihasilkan dari lampu yang terpasang, dan tidak termasuk dengan cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan. Terdapat rekomendasi supaya lux yang dihasilkan setiap ruangan mampu mencapai batas standar, seperti memaksimalkan cahaya alami selama jam kerja, dan rutin untuk membersihkan lampu dari penghalang atau debu.

Dilakukan juga perhitungan ekonomis dari mitigasi penambahan jumlah lampu ideal sesuai dengan rumus di SNI 03-6575-2001, yakni terdapat penambahan 4 buah lampu TL LED 18 Watt dan 84 buah lampu LED 22 Watt. Total biaya yang dibutuhkan dihitung dengan persamaan 6 dan 7.

$$\text{Total biaya} = \text{Jumlah Penambahan} \times \text{Watt Lampu} \times (\text{Harga} + \text{Biaya Pasang Lampu}) \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya penambahan lampu TL} &= 4 \times 18 \times \\ &(\text{Rp}30.000 + \text{Rp}15.000) \\ &= \text{Rp}180.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tambahan Rp/kWh/bulan} &= \text{Jumlah Penambahan} \times \\ &\text{Watt Lampu} \times \text{Jam Pemakaian} \times \text{Hari Pemakaian} \times \\ &\text{Tarif PLN/1000} \quad (7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tambahan Rp/kWh/bulan} &= 4 \times 18 \times 8 \times 25 \times \\ &\text{Rp}900/1000 \\ &= \text{Rp}12.960 \end{aligned}$$

Didapatkan hasil perhitungan bahwa Total biaya dari penambahan lampu ideal TL LED adalah sebesar Rp180.000 dengan tambahan Rp/kWh/bulan sebesar Rp12.960, sedangkan untuk total biaya penambahan lampu ideal jenis LED adalah sebesar Rp3.780.000 dengan tambahan Rp/kWh/bulan sebesar Rp332.640.

3.5. Analisis PHE (Peluang Hemat Energi)

Nilai investasi, penghematan kWh/tahun, penghematan Rp/kWh/tahun, persentase penghematan, dan kategori waktu pembayaran akan digunakan untuk menghasilkan data tentang penghematan berdasarkan hasil perhitungan detail keseluruhan peluang penghematan dengan menggunakan database Google Spreadsheet. Ringkasan penghematan yang dapat disarankan untuk gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Ringkasan Penghematan di Gedung Unika Soegijapranata

| Jenis Penghematan | Investasi | Penghematan kWh/tahun | Penghematan Rp/kWh/tahun | Persentase Penghematan | Payback Periode |
|-------------------------------|---------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|-----------------|
| No/Low Cost | | | | | |
| Setting Temperatur ke 24-27 | 0 | 8176,14 | Rp7.358.526 | 6% | |
| Pengurangan 1 jam operasional | 0 | 15141 | Rp13.626.900 | 13% | |
| Pengurangan 2 jam operasional | 0 | 30282 | Rp27.253.800 | 25% | |
| Medium Cost | | | | | |
| TL Neon ke TL LED | Rp3.735.000 | 1195,2 | Rp1.075.680 | 29% | 3,5 |
| High Cost | | | | | |
| PC Konvensional ke AiO PC | Rp427.500.000 | 19200 | Rp17.280.000 | 36% | 24,7 |
| Total | | 73994,34 | Rp66.594.906 | | |
| Total Low Cost | | 53599,14 | Rp48.239.226 | | |
| Total Medium Cost | | 1195,2 | Rp1.075.680 | | |
| Total High Cost | | 19200 | Rp17.280.000 | | |

Berdasarkan tabel 8, maka didapatkan peluang penghematan di Gedung Rektorat Unika Soegijapranata sebesar 73.994,34 kWh/tahun atau sebesar Rp.66.594.906/tahun dengan detail rekomendasi langkah mitigasi di bawah ini.

- A. Kategori *No/Low Cost* memiliki peluang penghematan 53.599 kWh per tahun, atau setara dengan Rp48.239.226 per tahun, dengan rincian mitigasi seperti menurunkan suhu AC dari 20 derajat Celcius ke 24-27 derajat Celcius dengan peluang penghematan 6%, dan mengurangi jam operasional selama 1-2 jam dengan peluang penghematan 13-25%.
- B. Kategori *Medium Cost* memiliki peluang penghematan 1.195 kWh per tahun atau setara Rp1.075.680 per tahun, jika peralatan lampu diganti dengan LED. Penggantian dari TL Neon ke LED memiliki peluang penghematan 58% dan nilai *payback period* selama 3,5 tahun.
- C. Kategori *High Cost* memiliki peluang penghematan sebesar 19.200 kWh per tahun atau setara Rp17.280.000 per tahun jika PV konvensional digantikan oleh PC *All in One* yang memiliki peluang penghematan sebesar 36%.

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode *payback period*, selanjutnya juga akan dilakukan perhitungan menggunakan metode *Net Present Value (NPV)* dan *Internal Rate of Return (IRR)*, perhitungan kedua metode tersebut bisa dikerjakan menggunakan formula dari Google Spreadsheet yakni "NPV" dan "IRR", Di bawah ini adalah perhitungan NPV dan IRR untuk pergantian lampu TL Neon ke TL LED.

$$NPV = \sum_{t=1}^5 \frac{Rp1.075.680}{(1+0,844)^t} - Rp3.735.000$$

$$NPV = Rp470.794$$

$$0 = \sum_{t=1}^5 \frac{Rp1.075.068}{(1+IRR)^t} - Rp3.735.000$$

$$IRR = 13,53\%$$

Perhitungan NPV dan IRR dari masing-masing jenis penghematan yang dilakukan di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata ditunjukkan pada Tabel 9

Tabel 9. NPV dan IRR Jenis Penghematan di Gedung Rektorat Unika Soegijapranata

| Jenis Penghematan | NPV (Rp) | IRR (%) |
|--------------------|-------------------|---------|
| TL Neon ke LED | Rp470.794,07 | 13,53% |
| PC Konv. ke AiO PC | -Rp304.163.553,75 | -19,96% |

Jenis penghematan pergantian lampu TL Neon ke TL LED memiliki nilai NPV dan IRR yang paling besar dengan nilai NPV dan IRR berturut-turut sebesar Rp470.794 dan 13,53%., maka dari itu, jenis penghematan pergantian lampu TL Neon ke TL LED bisa dijadikan skala prioritas dalam melakukan mitigasi penghematan, sedangkan untuk pergantian PC Konvensional ke AiO PC tidak disarankan untuk dijalankan karena memiliki nilai NPV dan IRR < 0 yang mengakibatkan pihak pengelola Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata merugi. Solusinya bisa dilakukan adalah dengan menunggu umur PC Konvensional mencapai batas usia pemakaian, baru selanjutnya digantikan dengan AiO PC.

3.6 Perbandingan kWh Sebelum dan Setelah Penghematan

Setelah dilakukan mitigasi penghematan yang terdapat pada sub bab sebelumnya, maka akan diteruskan pada simulasi kWh setelah dilakukan penghematan. Dalam melakukan simulasi ini digunakan bantuan *software* Google Spreadsheet yang berlokasi di bagian sheet kWh. Simulasi ini dilakukan dengan menambah tabel baru yang serupa dengan tabel kWh awal, namun dengan pergantian beberapa peralatan dan jam operasional sesuai dengan beberapa mitigasi penghematan yang terdapat dalam sheet PHE. Dari hasil simulasi ini maka dihasilkan data berupa rata-rata kWh dan tagihan listrik seperti pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Simulasi Penghematan di Gedung Rektorat Unika Soegijapranata

| Penghematan | Sebelum | Sesudah | Persentase (%) |
|--------------|--------------|--------------|----------------|
| kWh | 16708,75 | 14484,2 | 13% |
| Tagihan (Rp) | Rp15.037.875 | Rp13.035.780 | 13% |

Dari Tabel 10 dapat dilihat bahwa total kWh sebelum simulasi penghematan adalah sebesar 16.708,75 kWh dengan total tarif listrik bulanan sebesar Rp 15.037.875, sedangkan setelah dilakukan penghematan, maka dihasilkan besaran total kWh sebesar 14.484,2 dengan total tarif listrik bulanan sebesar Rp13.035.780. Hal ini menunjukkan bahwa langkah penghematan yang dibahas di sub bab selanjutnya berhasil menekan angka tagihan listrik bulanan sebesar 13% dari beban yang terukur di lapangan. Jika IKE Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata ini dihitung kembali dengan hasil simulasi penghematan, maka akan didapatkan persamaan 8.

$$IKE = \frac{kWh/bulan}{Luas Total Bangunan} \quad (8)$$

$$IKE = \frac{14484,2}{2701,7} = 5,36 \text{ kwh/m}^2/\text{bulan}$$

Dari perhitungan kembali IKE sesudah simulasi penghematan, maka didapatkan nilai IKE sebesar 5,36 kWh/m²/bulan yang menunjukkan bahwa Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata masuk ke dalam kategori “Sangat Efisien”.

4 Kesimpulan

Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata termasuk kedalam kategori gedung dengan konsumsi energi efisien berdasarkan standar Permen ESDM No.13 Tahun 2012 dengan IKE gedung ber-AC dan non-AC berturut-turut di tahun 2022 sebesar 12,4 kWh/m²/bulan dan 2,79 kWh/m²/bulan. Dihasilkan data dari Pengguna Energi Signifikan (PES) yakni beban terbesar di Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata adalah pada AC 2 PK General dengan persentase 20,44% dari keseluruhan beban, disusul dengan Komputer dengan persentase 16,63% dan AC 1,5 Daikin dengan persentase 16,61%. Mitigasi penambahan lampu ideal membutuhkan tambahan 4 lampu TL LED dan 65 lampu LED 22 Watt dengan tambahan Rp/kWh/bulan berturut-turut yakni sebesar Rp12.960 dan Rp257.400. Opsi penghematan *No/Low Cost* dengan mengurangi setting temperatur dan jam operasional AC yang menyumbang penghematan sebesar 53.599,14 kWh/tahun, *Medium Cost* dengan mengganti lampu menjadi jenis LED yang menyumbang penghematan sebesar 1.195,2 kWh/tahun, dan *High Cost* dengan mengganti PC konvensional menjadi AiO PC yang menyumbang penghematan sebesar 19200 kWh/tahun. Simulasi terhadap kWh total setelah dilakukan mitigasi penghematan yang menghasilkan penghematan sebesar 13% dari jumlah kWh perhitungan, dan dapat mengurangi IKE menjadi 5,36 sehingga Gedung Rektorat Universitas Katolik Soegijapranata masuk ke dalam kategori “Sangat Efisien”.

Referensi

- [1] Badan Pusat Statistik, Statistik Listrik 2015-2020, Badan Pusat Statistik, 2021.
- [2] A. Biantoro dan D. S. Permana, “ANALISIS AUDIT ENERGI UNTUK PENCAPAIAN EFISIENSI ENERGI DI GEDUNG AB, KABUPATEN TANGERANG, BANTEN,” Jurnal Teknik Mesin (JTM) no, Juni, vol. 06, pp. 85-93, 2017.
- [3] Presiden RI, Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional, Jakarta, 2017.
- [4] F. Utsman, "Audit Energi Sebagai Upaya Penghematan Energi Listrik di Gedung MSTP Undip Jepara," Universitas Diponegoro, Semarang, 2022.
- [5] A. D. Ramadhon, “Audit Energi dan Analisis Peluang Penghematan Konsumsi Energi di PT. Harmoni Putra

- [6] Solusindo Semarang,” Universitas Semarang, Semarang, 2021.