

ANALISIS INTENSITAS KONSUMSI ENERGI LISTRIK DAN PELUANG PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK PADA GEDUNG C KANTOR SEKRETARIAT DAERAH KABUPATEN SEMARANG

Ema Suswitaningrum*, Noor Hudallah, Riana Defi Mahadji Putri, Budi Sunarko

Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

email: emasuswita@students.unnes.ac.id, {noorhudallah, riana.dmp, budi.sunarko}@mail.unnes.ac.id

Diterima: 22 Oktober 2021 – Direvisi: 26 November 2021 – Disetujui: 29 November 2021

ABSTRACT

The use of standard AC and fluorescent lamps tends to be more wasteful. Based on observations, building C uses standard AC with a capacity that does not match the needs of the room and uses fluorescent lamps with minimal lighting intensity, so it is necessary to conserve energy to obtain opportunities for saving electrical energy while still paying attention to environmentally friendly aspects and occupant comfort. Electrical energy saving analysis is carried out through an energy audit by calculating the Energy Consumption Intensity (IKE). The purpose of this study is to obtain opportunities for saving electrical energy through energy conservation. Calculation of IKE values in 2019 and 2020 in building C is in the efficient category. Opportunities to save energy are carried out by replacing standard AC with low watt AC or inverter AC, resulting in savings of 28% and 30,6% with payback periods of 2,9 years and 3,8 years. Turning off the AC 15 minutes and 30 minutes before the end of working hours resulted in savings of 2,8% and 5,7% on standard AC, 2,9% and 5,8% on low watt AC and inverter AC. Energy saving opportunities by replacing fluorescent lamps with LED lamps obtained savings of 16,28% with a payback period of 4,4 years and the lighting intensity has met SNI with lighting intensity of 358-421 lux in the working room and 315-361 lux in the meeting room.

Keywords: Cooling systems, Energy audit, Energy conservation, Intensity Energy Consumption (IKE), Lighting systems.

ABSTRAK

Penggunaan AC standar dan lampu TL neon cenderung lebih boros. Berdasarkan hasil observasi, gedung C menggunakan AC standar dengan kapasitas tidak sesuai dengan kebutuhan ruangan dan menggunakan lampu TL neon dengan intensitas penerangan yang minim sehingga perlu dilakukan konservasi energi untuk memperoleh peluang penghematan energi listrik dengan tetap memperhatikan aspek ramah lingkungan serta kenyamanan penghuni. Analisis penghematan energi listrik dilakukan melalui audit energi dengan menghitung Intensitas Konsumsi Energi (IKE). Tujuan dari penelitian ini untuk memperoleh peluang penghematan energi listrik melalui konservasi energi. Perhitungan nilai IKE tahun 2019 dan 2020 pada gedung C dalam kategori efisien. Peluang penghematan energi dilakukan dengan mengganti AC standar menjadi AC low watt maupun AC inverter diperoleh penghematan sebesar 28% dan 30,6% dengan payback period selama 2,9 tahun dan 3,8 tahun. Mematikan AC 15 menit dan 30 menit sebelum jam kerja berakhir diperoleh penghematan sebesar 2,8% dan 5,7% pada AC standar, 2,9% dan 5,8% pada AC low watt dan AC inverter. Peluang penghematan energi dengan mengganti lampu TL neon menjadi lampu LED diperoleh penghematan sebesar 16,28% dengan payback period selama 4,4 tahun serta intensitas penerangan sudah memenuhi SNI dengan intensitas penerangan 358-421 lux pada ruang kerja dan 315-361 lux pada ruang rapat.

Kata Kunci: Audit energi, Konservasi energi, Intensitas Konsumsi Energi (IKE), Sistem pendingin, Sistem penerangan.

I. PENDAHULUAN

TINGGINYA pertumbuhan penduduk menyebabkan penggunaan energi listrik terus mengalami peningkatan sehingga menjadi tidak terkendali. Hal ini dapat terjadi dikarenakan dalam menjalankan segala aktivitas kehidupan tidak lepas dari penggunaan energi listrik, sedangkan ketersediaan sumber energi semakin berkurang yang berdampak pada krisis ketersediaan energi. Berdasarkan kondisi tersebut upaya yang dapat dilakukan yaitu efisiensi dalam penggunaan energi listrik atau disebut dengan konservasi energi.

Penelitian ini akan dilakukan pada Gedung C Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Semarang yang memperoleh suplai energi listrik dari PLN dengan daya sebesar 53 kVA yang merupakan golongan tarif listrik P1 untuk keperluan kantor pemerintahan. Gedung C merupakan bangunan bertingkat tiga dengan luas bangunan sebesar 504 m² yang beroperasi selama 8 jam yaitu pukul 08.00 WIB hingga pukul 16.00 WIB yang memanfaatkan sistem pendingin AC dan lampu sebagai sistem penerangan buatan yang menyala selama jam kerja untuk mendukung kegiatan perkantoran. Menurut kementerian ESDM penggunaan energi listrik terbesar terdapat pada sistem pendingin sekitar 60% dan pada sistem penerangan sebesar 20% [1]. Gedung C Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Semarang merupakan gedung kantor pemerintahan yang menggunakan AC standar dan lampu TL neon yang cenderung lebih boros [2], [3]. Penggunaan AC standar menghasilkan arus dan daya lebih besar sehingga AC standar dianggap lebih boros energi listrik dan penggunaan lampu neon cenderung lebih boros energi listrik karena untuk menyalakan lampu neon membutuhkan daya listrik yang tinggi [2], [3].

Pemerintah diwajibkan untuk melakukan inovasi dan langkah-langkah penghematan energi di lingkungan instansi terkait dengan berpedoman pada penghematan penerangan dan alat pendingin ruangan gedung atau kantor yang dikelola oleh pemerintah [4]. Gedung C Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Semarang merupakan gedung pemerintahan sehingga perlu melakukan penghematan energi. Penghematan energi dapat dilakukan melalui konservasi energi, konservasi energi merupakan memanfaatkan sumber energi secara tepat dan bijak tanpa mengurangi atau menghilangkan penggunaan energi yang tersedia [5].

Kenyamanan pekerja juga perlu diperhatikan agar tetap produktif. Berdasarkan hasil observasi pada gedung C, kapasitas AC yang terpasang tidak sesuai dengan kebutuhan ruangan sehingga dapat menyebabkan pemborosan energi listrik dan kenyamanan penghuni terganggu serta intensitas penerangan pada setiap ruang kerja dan ruang rapat masih minim dibawah SNI penerangan sehingga perlu dievaluasi karena jika intensitas penerangan tidak sesuai dengan Standar Nasional Indonesia memiliki dampak seperti gangguan kenyamanan, menyebabkan kecelakaan, dan produktivitas menjadi menurun [6].

Mengingat pentingnya penghematan energi pada kantor pemerintahan, berdasarkan pernyataan tersebut tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh peluang penghematan energi listrik pada sistem pendingin AC dan sistem penerangan melalui konservasi energi dengan tetap memperhatikan aspek ramah lingkungan serta kenyamanan penghuninya. Analisis penghematan dilakukan dengan cara audit energi serta melakukan perhitungan nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE). Peluang penghematan energi listrik perlu mempertimbangkan biaya sesuai dengan kebutuhan yaitu tanpa biaya (*no cost*) dan biaya besar (*high cost*) [7] yang dapat dilakukan dengan menggeser jam operasional AC dan mengganti peralatan kelistrikan yang lebih hemat energi. Untuk mendapatkan tingkat penerangan yang sesuai dengan SNI agar kenyamanan penghuninya tetap terjaga, perlu dilakukan simulasi intensitas penerangan menggunakan *software* Dialux Evo 9.2 pada setiap ruang kerja dan ruang rapat Gedung C.

II. METODE PENELITIAN

A. Penelitian Terkait

Penelitian yang dilakukan oleh Ali *et al* dengan judul “*Analysis of energy consumption and potential energy savings of an institutional building in Malaysia*”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penghematan energi pada sistem penerangan dilakukan dengan mengganti lampu TL menjadi lampu LED diperoleh penghematan energi pada segi biaya listrik dan konsumsi harian listrik [8]. Persamaan penelitian terdahulu dan sekarang adalah penghematan pada sistem penerangan dilakukan dengan cara mengganti

lampu TL menjadi lampu LED. Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang adalah penghematan dilakukan pada sistem penerangan dan sistem pendingin serta memperhatikan kenyamanan penghuni dengan menyesuaikan intensitas penerangan sesuai SNI dan menyesuaikan kapasitas AC sesuai dengan kebutuhan ruangan.

Penelitian yang dilakukan oleh Dana *et al* dengan judul “Konservasi Energi Pada Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kota Denpasar”. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penghematan energi listrik pada sistem pendingin dengan menggunakan AC *low watt* atau *inverter* diperoleh penghematan berurutan sebesar 11,62% dan 13,67% [9]. Persamaan penelitian terdahulu dan sekarang adalah penghematan pada sistem pendingin AC dilakukan dengan mengganti AC standar menjadi AC *low watt* atau *inverter* dan perbedaan pada penelitian terdahulu dan sekarang terletak pada objek penelitian yang dilakukan, dimana penelitian terdahulu dilakukan di Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kota Denpasar, sedangkan penelitian sekarang dilakukan pada Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Semarang serta penelitian sekarang melakukan penghematan energi listrik pada sistem pendingin AC dengan cara menggeser jam operasional AC yaitu mematikan AC 15 menit dan 30 menit sebelum jam kerja berakhir.

Penelitian yang dilakukan oleh Illahi *et al* dengan judul “Analisis Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan Dan Sistem Pendingin Di Kantor Sekretaris Daerah Kabupaten Garut”. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penghematan energi listrik pada sistem penerangan dengan mengganti lampu TL konvensional menjadi lampu LED dengan melakukan simulasi menggunakan *software* Dialux Evo 7.1 untuk memperoleh rata-rata intensitas penerangan dan penghematan pada sistem pendingin dilakukan dengan mengganti AC standar menjadi AC *inverter* [10]. Persamaan penelitian terdahulu dan sekarang adalah penghematan energi listrik dilakukan pada sistem pendingin AC dan sistem penerangan dan perbedaan pada penelitian terdahulu dan sekarang adalah pada objek penelitian, dimana penelitian terdahulu dilakukan di Gedung Kantor Sekretaris Daerah Kabupaten Garut, sedangkan penelitian sekarang dilakukan di Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Semarang serta menggunakan *software* Dialux Evo 9.2 untuk memperoleh rata-rata tingkat penerangan.

B. Lokasi Penelitian

Lokasi pada penelitian ini dilakukan pada Gedung C Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Semarang Jl. Diponegoro No. 14, Ungaran, Jawa Tengah. Gedung C Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Semarang memperoleh suplai energi listrik dari PLN dengan kapasitas daya terpasang sebesar 53 kVA yang merupakan golongan tarif listrik P1 3 fasa untuk keperluan kantor pemerintahan. Gedung C merupakan bangunan bertingkat tiga dengan luas bangunan sebesar 504 m² dengan material dinding batu bata, struktur beton bertulang dan terdapat jendela kaca pada beberapa bagian sisi gedung sebagai sumber pencahayaan alami.

C. Alat dan Bahan Penelitian

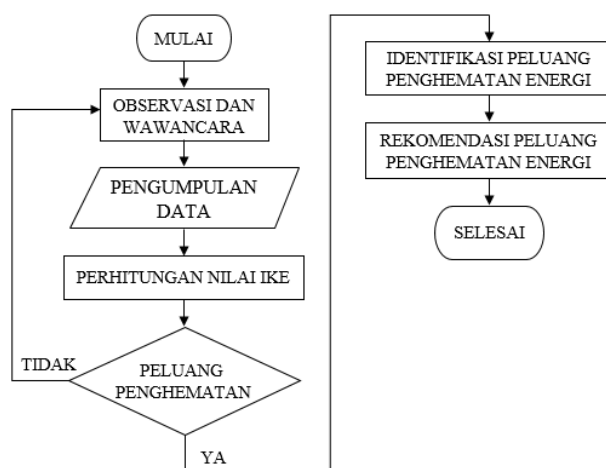
Alat yang digunakan dalam melakukan penelitian adalah ampere meter untuk mengukur besarnya arus listrik, volt meter untuk mengukur besarnya tegangan listrik, lux meter untuk mengukur intensitas penerangan, *software* Dialux Evo 9.2 untuk simulasi intensitas penerangan dan *Hygrometer* untuk mengukur kelembaban dan suhu ruangan.

D. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif. Data kuantitatif yang digunakan dalam penelitian ini berupa data angka yaitu data historis tagihan listrik pada tahun 2019 dan tahun 2020, luas bangunan Gedung C, tingkat penerangan ruangan, suhu dan kelembaban ruangan serta gambaran kondisi konsumsi energi listrik gedung C. Metode penelitian deskriptif yaitu dengan memberikan gambaran suatu kondisi pada suatu populasi berupa rekomendasi peluang penghematan energi yang harus dilakukan dan besar penghematan energi yang dapat dicapai [11].

E. Sumber Data

Sumber data pada penelitian ini berasal dari data primer berupa pengukuran langsung yang meliputi pengukuran intensitas penerangan yang dilakukan selama satu hari pada pagi hari pukul 08.00 WIB, siang hari pukul 13.00 WIB dan sore hari pukul 16.00 WIB. Pengukuran suhu dan kelembaban ruangan yang dilakukan selama satu hari pada pagi hari pukul 08.00 WIB, siang hari pukul 13.00 WIB dan sore hari pukul 16.00 WIB serta melakukan pengamatan kondisi kelistrikan seperti arus, tegangan, *power*



Gambar 1. Diagram alir penelitian

factor dan daya listrik yang dilakukan selama lima hari dalam rentang waktu satu jam sekali selama jam kerja pukul 08.00 WIB hingga pukul 16.00 WIB. Sumber data sekunder berupa inventaris peralatan kelistrikan, luas bangunan gedung, dan data historis tagihan rekening listrik pada tahun 2019 hingga tahun 2020.

F. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi, wawancara, studi literatur dan pengukuran langsung. Observasi dengan pengamatan langsung di Gedung C meliputi luas bangunan, peralatan kelistrikan yang digunakan dan tingkat penerangan ruangan. Wawancara dilakukan kepada pengelola untuk mengetahui sistem kelistrikan yang digunakan di Gedung C. Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan data-data dengan cara mengkaji dari beberapa sumber seperti buku, jurnal dan artikel yang berkaitan dengan penelitian. Pengukuran langsung meliputi pengukuran suhu dan kelembaban ruangan, mengukur intensitas penerangan serta mengamati kondisi kelistrikan gedung C.

G. Tahapan Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan untuk memperoleh peluang penghematan energi listrik pada sistem pendingin AC dan sistem penerangan melalui konservasi energi dengan tetap memperhatikan aspek ramah lingkungan serta kenyamanan penghuninya terdapat pada Gambar 1.

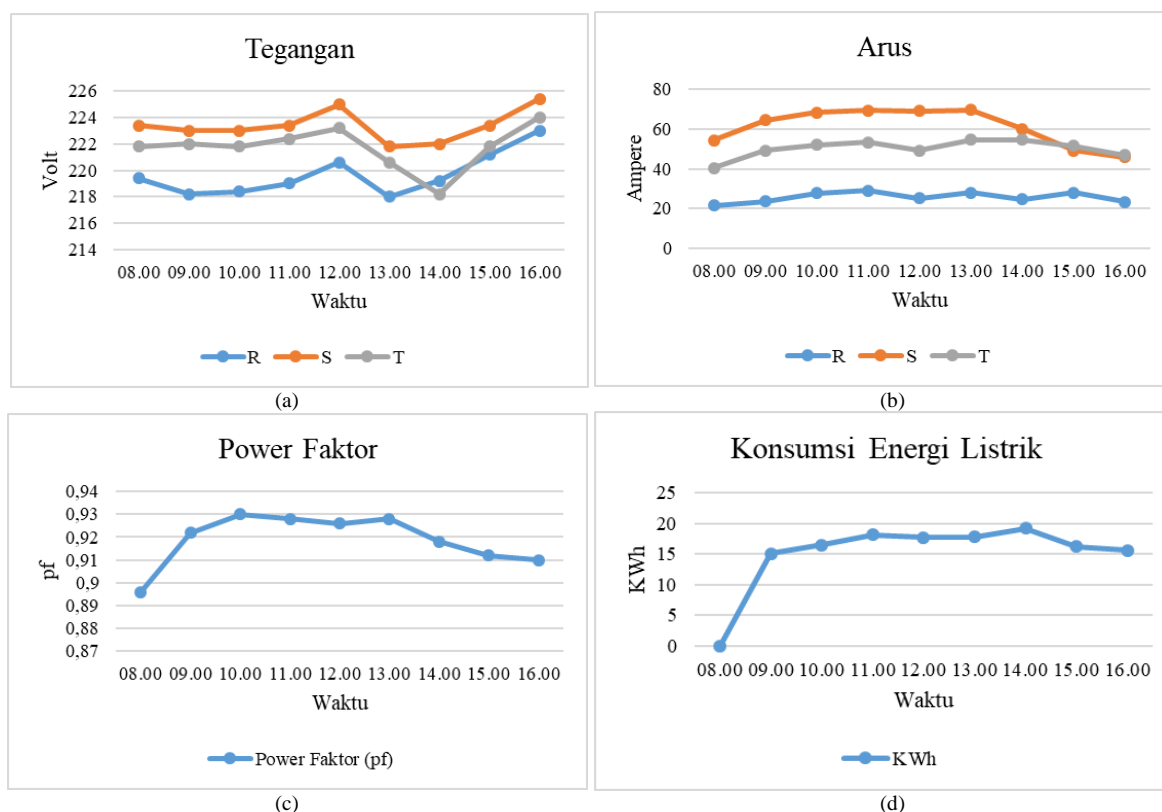
Penghematan energi dilakukan melalui audit energi yang meliputi rekomendasi untuk meningkatkan efisiensi energi dengan analisis biaya, dan melakukan penghematan konsumsi energi [12]. Audit energi awal yang meliputi perhitungan nilai IKE yang merupakan perbandingan antara konsumsi energi listrik yang digunakan terhadap luas bangunan dalam jangka waktu tertentu [13], [14]. Untuk menentukan nilai IKE menggunakan Persamaan 1.

$$IKE = \frac{\text{Total Konsumsi Energi Listrik(KWh)}}{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

Peluang penghematan energi pada sistem pendingin dilakukan dengan menyesuaikan kapasitas AC agar sesuai dengan kebutuhan ruangan dapat menggunakan Persamaan 2.

$$AC \text{ (BTU/hour)} = \frac{P \times L \times T \times I \times E}{60} \quad (2)$$

Dimana P adalah panjang, L adalah lebar, T adalah tinggi dengan satuan feet (1 m = 3,28 feet). I memiliki nilai 10 untuk ruang berinsulasi dan 18 untuk ruang tidak berinsulasi. E memiliki nilai 16 untuk jendela menghadap utara, 17 untuk jendela menghadap timur, 18 untuk jendela menghadap selatan, 20 untuk jendela menghadap barat [15]. Pada penelitian ini rekomendasi peluang penghematan energi sistem pendingin dilakukan dengan mengganti AC standar menjadi AC yang menerapkan konsep hemat energi listrik sehingga dapat menghemat konsumsi energi listrik [2].



Gambar 2. Gambaran Umum Kondisi Kelistrikan Gedung C (a) Tegangan (b) Arus (c) Power Factor (d) Konsumsi Energi (KWh)

Rekomendasi peluang penghematan sistem penerangan dilakukan dengan mengganti lampu TL neon menjadi lampu LED yang lebih hemat energi listrik [16]. Pengukuran intensitas penerangan dilakukan menggunakan metode pengukuran penerangan umum menurut SNI 7062: 2019 [17]. Simulasi penerangan menggunakan *software* Dialux Evo 9.2 untuk memperoleh tingkat penerangan yang diharapkan.

Payback period yaitu cara yang digunakan untuk memperhitungkan kurun waktu yang dibutuhkan dalam pengembalian suatu modal investasi [10]. *Payback period* dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$n = \frac{1}{i} \log \left(1 - \frac{i \cdot pV}{A} \right) \quad (3)$$

Dimana i untuk suku bunga indonesia per periode(0,479), pV untuk biaya investasi, A untuk asumsi biaya KWh setiap bulan [10].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Kondisi Kelistrikan Gedung C

Gambaran secara umum kondisi kelistrikan dilakukan untuk mengetahui pola konsumsi energi listrik pada gedung C dilakukan dengan pengamatan dan pencatatan pada *Main Distribution Panel* dan KWh meter yang dilakukan setiap 1 jam sekali dimulai pada pukul 08.00 WIB hingga pukul 16.00 WIB selama lima hari pada tanggal 26 juli – 30 juli 2021. Sehingga diperoleh rata-rata arus, tegangan, *power factor*, dan KWh yang terdapat pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2 (a), besar rata-rata tegangan listrik gedung C pada fasa R sebesar 219,6 volt, rata-rata tegangan pada fasa S sebesar 223,3 volt, dan rata-rata tegangan pada fasa T sebesar 221,7 volt. Nilai arus terus meningkat sejak dimulainya jam kerja hingga pukul 11.00 waktu tersebut aktivitas perkantoran sedang meningkat dan pada pukul 12.00 saat waktu istirahat kerja terjadi penurunan arus. Pada pukul 13.00 terjadi peningkatan dan pada pukul 16.00 terjadi penurunan karena jam kerja berakhir yang ditunjukkan pada Gambar 2 (b). Rata-rata nilai *power factor* berkisar antara 0,89 – 0,93 yang ditunjukkan pada Gambar 2 (b). Rata-rata konsumsi energi listrik (KWh) selama jam kerja dari pukul 08.00 WIB

hingga pukul 16.00 WIB sebesar 136,22 KWh. Rata-rata konsumsi energi listrik pada pukul 09.00 sebesar 15,1 KWh, pukul 10.00 sebesar 16,52 KWh, pukul 11.00 sebesar 18,14 KWh, pukul 12.00 sebesar 17,69 KWh, pukul 13.00 sebesar 17,82 KWh, pukul 14.00 sebesar 19,12, pukul 15.00 sebesar 16,22 KWh dan pada pukul 16.00 sebesar 15,62 KWh terdapat pada Gambar 2 (d).

B. Perhitungan Nilai IKE

Perhitungan nilai IKE merupakan perbandingan antara konsumsi energi listrik yang digunakan terhadap luas bangunan dalam jangka waktu tertentu [14]. Nilai IKE dalam kategori efisien untuk gedung perkantoran menurut ASEAN-USAID Tahun 1987 sebesar 240 KWh/m²/tahun dan nilai IKE dalam kategori efisien untuk gedung perkantoran menurut Permen ESDM No. 13 tahun 2012 sebesar 8,5 – 14 KWh/m²/bulan. Perhitungan nilai IKE menggunakan data historis kelistrikan pada tahun 2019 dan tahun 2020. Konsumsi energi listrik gedung C pada tahun 2019 sebesar 53.101,80 KWh dan pada tahun 2020 Sebesar 62.424,30 KWh dengan luas bangunan sebesar 504 m². Untuk memperoleh nilai IKE maka menggunakan Persamaan 4.

$$IKE = \frac{\text{Total Konsumsi Energi Listrik(KWh)}}{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}} \tag{4}$$

Nilai IKE tahun 2019 dihitung menggunakan Persamaan 5 yang diperoleh hasil sebagai berikut.

$$IKE = \frac{\text{Total Konsumsi Energi Listrik(kWh)}}{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}} \tag{5}$$

$$= \frac{53.101,80 \text{ KWh}}{504 \text{ m}^2} = 105,36 \text{ KWH/m}^2/\text{tahun}$$

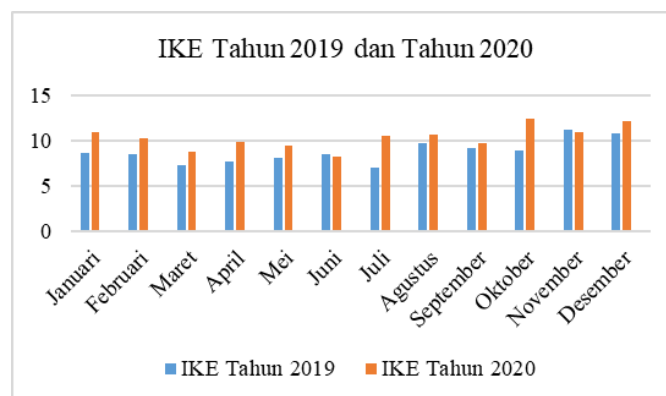
Nilai IKE tahun 2020 dihitung menggunakan Persamaan 6 yang diperoleh hasil sebagai berikut.

$$IKE = \frac{\text{Total Konsumsi Energi Listrik(kWh)}}{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}} \tag{6}$$

$$= \frac{62.424,30 \text{ KWh}}{504 \text{ m}^2} = 123,85 \text{ KWH/m}^2/\text{tahun}$$

Perhitungan nilai IKE dengan menggunakan Persamaan 5, pada tahun 2019 pada Gedung C sebesar 105,36 KWh /m²/tahun dan nilai IKE pada tahun 2020 sebesar 123,85 KWh/m²/tahun. Berdasarkan ketentuan ASEAN-USAID Tahun 1987 nilai IKE gedung C pada tahun 2019 dan tahun 2020 dalam kategori efisien.

Perbandingan nilai IKE setiap bulan pada tahun 2019 dan 2020 gedung C terdapat pada Gambar 3. Nilai IKE gedung C pada tahun 2019 dengan rentang 7,23 - 11,26 KWh /m²/bulan dan nilai IKE pada



Gambar 3. Perbandingan nilai IKE tahun 2019 dan tahun 2020

tahun 2020 dengan rentang 8,24 - 12,41 KWh /m²/bulan. Berdasarkan ketentuan Permen ESDM No. 13 tahun 2012 nilai IKE gedung C setiap bulan pada tahun 2019 dan 2020 dalam kategori sangat efisien dan efisien.

C. Rekomendasi Peluang Penghematan Energi Listrik Gedung C

Peluang penghematan energi listrik pada gedung C dilakukan untuk menekan besar konsumsi energi listrik karena terjadi peningkatan nilai IKE pada tahun 2020 yang terdapat pada Gambar 3. Penghematan energi listrik dilakukan pada sistem pendingin dan sistem penerangan. Rekomendasi peluang penghematan energi listrik dilakukan pada ruang kerja dan ruang rapat gedung C karena aktivitas pekerjaan lebih banyak dilakukan pada ruangan tersebut. Rekomendasi untuk memperoleh peluang penghematan energi listrik pada gedung C yaitu:

1) Penghematan Energi Listrik Pada Sistem Pendingin AC

Kapasitas AC ruang kerja dan ruang rapat gedung C tidak sesuai dengan kebutuhan besar ruangan yang berpotensi pemborosan energi listrik sehingga perlu dilakukan penyesuaian kapasitas AC agar sesuai dengan kebutuhan besar ruangan. Sehingga perlu dilakukan penghematan energi listrik pada sistem pendingin AC, yaitu:

- Biaya besar (*high cost*) yaitu mengganti AC standar menjadi AC *low watt* serta AC *inverter* yang lebih hemat energi listrik.
- Tanpa biaya (*no cost*) yaitu meminimalisir jam operasional AC dengan mematikan AC 15 menit dan 30 menit sebelum jam kerja berakhir.

2) Penghematan Energi Listrik Pada Sistem Penerangan

Lampu yang terpasang pada gedung C menggunakan lampu TL neon yang lebih boros energi listrik serta tingkat penerangan ruang kerja dan ruang rapat gedung C masih minim sehingga perlu dilakukan penyesuaian tingkat penerangan sebesar 350 lux untuk ruang kerja dan 300 lux untuk ruang rapat agar sesuai dengan SNI 03-6197-2011 mengenai Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan dengan melakukan simulasi penerangan menggunakan software Dialux Evo 9.2. Sehingga perlu dilakukan penghematan energi listrik pada sistem penerangan, yaitu biaya besar (*high cost*) yaitu dengan mengganti lampu TL neon menjadi lampu TL LED yang lebih hemat energi listrik.

D. Peluang Penghematan pada Sistem Pendingin AC

Peluang penghematan energi pada sistem pendingin juga melakukan pengukuran suhu dan kelembaban ruangan karena kenyamanan ruang kerja dapat diciptakan melalui suhu dan kelembaban ruangan.

TABEL 1
 HASIL PENGUKURAN SUHU DAN KELEMBABAN RUANGAN GEDUNG C

| Ruangan | T (°C) | RH | Kriteria (sesuai/tidak) | |
|--------------------------------------|--------|------|----------------------------|--------------|
| | | | T (°C) | RH |
| | | | KPA | 29,4 |
| Ruang Tamu | 28,6 | 61,3 | Tidak Sesuai | Sesuai |
| Ruang Asisten I | 29 | 62,6 | Tidak Sesuai | Sesuai |
| Staf Asisten I | 28,3 | 61,3 | Tidak Sesuai | Sesuai |
| Rapat | 28 | 62 | Tidak Sesuai | Sesuai |
| Ruang Asisten II | 27,6 | 61,3 | Tidak Sesuai | Sesuai |
| Staf Asisten II | 27,9 | 64,6 | Tidak Sesuai | Sesuai |
| Rapat | 27,6 | 62,3 | Tidak Sesuai | Sesuai |
| Ruang Asisten III | 27,1 | 64,6 | Tidak Sesuai | Sesuai |
| Staf Asisten III | 27,1 | 63,6 | Tidak Sesuai | Sesuai |
| Rapat | 26,9 | 64 | Sesuai | Sesuai |
| Ruang Kabag Kesra | 25,6 | 64,6 | Sesuai | Sesuai |
| Staf Kesra | 26,5 | 61,3 | Sesuai | Sesuai |
| Rapat Kesra | 27 | 60,6 | Sesuai | Sesuai |
| Ruang Kabag Tapem | 26,7 | 62,3 | Sesuai | Sesuai |
| Staf Tapem | 26,8 | 63,3 | Sesuai | Sesuai |
| Ruang Kabag Administrasi Pembangunan | 28,1 | 59,3 | Tidak Sesuai | Sesuai |
| Staf Administrasi Pembangunan | 28,2 | 54 | Tidak Sesuai | Tidak Sesuai |
| Rapat | 28,2 | 56,6 | Tidak Sesuai | Sesuai |
| Ruang Kabag PBDJ | 28,4 | 60 | Tidak Sesuai | Sesuai |
| Staf PBDJ | 28,3 | 60,6 | Tidak Sesuai | Sesuai |
| Rapat I | 28,2 | 62 | Tidak Sesuai | Sesuai |
| Rapat II | 28,6 | 62 | Tidak Sesuai | Sesuai |
| Rapat III | 28,6 | 61,3 | Tidak Sesuai | Sesuai |

Berdasarkan SNI kelembaban relatif ruang kerja yaitu 24°C -27°C dengan kelembaban relatif antara 60% ± 5% [18]. Pengukuran suhu dan kelembaban dilakukan satu hari pada pagi hari pukul 08.00 WIB, siang hari pukul 13.00 WIB dan sore hari pukul 16.00 WIB. Pada Tabel 1 menunjukkan hasil rata-rata pengukuran suhu dan kelembaban ruangan gedung C.

Tabel 2 menunjukkan bahwa, berdasarkan hasil pengukuran suhu dan kelembaban ruangan pada gedung C terdapat beberapa ruangan yang belum memenuhi standar suhu dan kelembaban ruangan sesuai dengan SNI. Untuk memperoleh peluang penghematan energi pada sistem pendingin dilakukan dengan menyesuaikan kapasitas AC agar sesuai dengan kebutuhan ruangan menggunakan Persamaan 7 kemudian setelah memperoleh kapasitas AC yang sesuai dengan kebutuhan ruangan, maka penghematan dilakukan dengan mengganti AC standar menjadi AC *low watt* maupun AC *inverter* yang lebih hemat energi.

$$AC \text{ (BTU/hour)} = \frac{P \times L \times T \times I \times E}{60} \quad (7)$$

Tabel 2 menunjukkan hasil kapasitas AC yang sesuai dengan kebutuhan ruangan yang dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.

Lama waktu operasional untuk ruang kerja selama 8 jam sehari. Selama satu bulan penggunaan ruangan sebanyak 22 hari dan selama satu tahun penggunaan ruangan sebanyak 264 hari. Sedangkan untuk

TABEL 2
 KAPASITAS AC TERPASANG DAN REKOMENDASI KAPASITAS AC PENGHEMATAN

| Ruangan | Luas (m ²) | Terpasang | | Rekomendasi | |
|--------------------------------------|------------------------|----------------|--------|----------------|--------|
| | | BTU/h | Jumlah | BTU/h | Jumlah |
| KPA | 23,2 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 8187 (1 PK) | 1 |
| Ruang Tamu | 16 | - | - | - | - |
| Ruang Asisten I | 25,52 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 9006 (1 PK) | 1 |
| Staf Asisten I | 12,76 | - | - | - | - |
| Rapat | 22,8 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 8042 (1 PK) | 1 |
| Ruang Asisten II | 25,52 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 9006 (1 PK) | 1 |
| Staf Asisten II | 12,76 | - | - | - | - |
| Rapat | 22,8 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 8042 (1 PK) | 1 |
| Ruang Asisten III | 25,52 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 9006 (1 PK) | 1 |
| Staf Asisten III | 12,76 | - | - | - | - |
| Rapat | 22,8 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 8042 (1 PK) | 1 |
| Ruang Kabag Kesra | 21,6 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 7623 (1 PK) | 1 |
| Staf Kesra | 116 | 12000 (1,5 PK) | 3 | 13646 (1,5 PK) | 4 |
| Rapat Kesra | 32,48 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 11448 (1,5 PK) | 1 |
| Ruang Kabag Tapem | 19 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 6705 (0,75PK) | 1 |
| Staf Tapem | 46 | 12000 (1,5 PK) | 2 | 8117 (1 PK) | 2 |
| Ruang Kabag Administrasi Pembangunan | 21,6 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 7623 (1 PK) | 1 |
| Staf Administrasi Pembangunan | 53,82 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 6331 (0,75PK) | 3 |
| Rapat | 22,8 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 8042 (1 PK) | 1 |
| Ruang Kabag PBDJ | 19 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 6705 (0,75PK) | 1 |
| Staf PBDJ | 64,8 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 11434 (1,5 PK) | 2 |
| Rapat I | 16 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 5646 (0,75PK) | 1 |
| Rapat II | 16 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 5646 (0,75PK) | 1 |
| Rapat III | 16 | 12000 (1,5 PK) | 1 | 5646 (0,75PK) | 1 |

16TABEL 3
 KONSUMSI ENERGI LISTRIK DAN BIAYA LISTRIK AC TERPASANG DAN AC UNTUK PENGHEMATAN

| Jumlah | Terpasang | | Rekomendasi | |
|-------------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| | Standar | Jumlah | Low watt | Inverter |
| | Daya (Watt) | | Daya (Watt) | Daya (Watt) |
| 23 | 1290 (1,5 PK) | 8 | 530 (0,75 PK) | 500 (0,75 PK) |
| | | 11 | 660 (1 PK) | 670 (1 PK) |
| | | 8 | 1020 (1,5 PK) | 950 (1,5 PK) |
| Konsumsi Energi Listrik (KWh) | | | | |
| | Standar | Low watt | Inverter | |
| Hari | 172,8 | 122,9 | 118,74 | |
| Bulan | 3662,16 | 2630,3 | 2540,46 | |
| Tahun | 43945,92 | 31563,6 | 30485,52 | |
| Biaya Listrik | | | | |
| | Standar | Low watt | Inverter | |
| Hari | Rp. 253.497 | Rp. 180.294 | Rp. 174.191 | |
| Bulan | Rp. 5.372.389 | Rp. 3.858.650 | Rp. 3.726.855 | |
| Tahun | Rp.64.468.665 | Rp.46.303.801 | Rp. 44.722.258 | |

ruang rapat lama waktu operasional selama 2 jam sehari. Selama satu bulan penggunaan ruangan sebanyak 15 hari dan selama satu tahun penggunaan ruangan sebanyak 180 hari. Perhitungan konsumsi energi listrik dan biaya listrik pada AC yang terpasang serta pada AC yang direkomendasikan dalam penghematan energi di gedung C diperoleh hasil pada Tabel 3.

Untuk mengetahui besar penghematan energi listrik dengan mengganti AC standar menjadi AC *low watt* maupun AC *inverter* dapat menggunakan Persamaan 8 untuk mengetahui KWh penghematan, Persamaan 9 untuk mengetahui biaya penghematan dan Persamaan 10 untuk mengetahui persentase penghematan yang dapat dicapai.

$$\text{Penghematan KWh} = \text{KWh AC standar} - \text{KWh AC low watt/inverter} \quad (8)$$

$$\text{Penghematan Biaya} = \text{Biaya listrik AC standar} - \text{Biaya listrik AC low watt/inverter} \quad (9)$$

$$\% \text{ Penghematan} = \frac{\text{biaya penghematan}}{\text{tagihan listrik AC standar}} \times 100\% \quad (10)$$

Penghematan energi listrik pada sistem pendingin dengan mengganti AC standar menjadi AC *low watt* maupun AC *inverter* secara berurutan dengan menggunakan persamaan 4 diperoleh penghematan KWh dalam kurun waktu satu tahun sebesar 12.382,32 KWh dan 13.460,4 KWh . Penghematan pada biaya listrik dapat dihitung menggunakan persamaan 5 diperoleh penghematan dalam kurun waktu satu tahun secara berurutan sebesar Rp. 18.164.863 dan Rp. 19.746.406. Persentase penghematan dapat dihitung menggunakan persamaan 6 diperoleh persentase penghematan dalam kurun waktu satu tahun secara berurutan sebesar 28% dan 30,6%.

Penghematan energi listrik pada sistem pendingin juga dilakukan dengan mengatur jam operasional AC yaitu mematikan AC 15 menit dan 30 menit sebelum jam kerja berakhir. Pada Tabel 4 merupakan hasil penghematan yang dapat dicapai.

Penghematan energi listrik pada sistem pendingin dengan menggeser jam operasional mematikan AC 15 menit sebelum jam kerja berakhir dalam kurun waktu satu tahun pada AC standar diperoleh penghematan sebesar 1.261,28 KWh dan biaya penghematan sebesar Rp. 1.850.268 dengan persentase penghematan 2,8 %. Pada AC *low watt* diperoleh penghematan sebesar 927,3 KWh dan biaya penghematan sebesar Rp. 1.360.349 dengan persentase penghematan sebesar 2,9 %. Pada AC *inverter* diperoleh penghematan sebesar 894,96 KWh dan biaya penghematan sebesar Rp. 1.312.906 dengan persentase penghematan sebesar 2,9 %.

Penghematan energi listrik pada sistem pendingin dengan menggeser jam operasional mematikan AC 30 menit sebelum jam kerja berakhir dalam kurun waktu satu tahun pada AC standar diperoleh penghematan sebesar 2.522,62 KWh dan biaya penghematan sebesar Rp. 3.700.536 dengan persentase penghematan 5,7 %. Pada AC *low watt* diperoleh penghematan sebesar 1.854,6 KWh dan biaya penghematan

TABEL 4
 KONSUMSI ENERGI LISTRIK DAN BIAVA LISTRIK DENGAN REKOMENDASI PENGHEMATAN DENGAN PERGESERAN JAM OPERASIONAL

| | Standar | Low watt | Inverter |
|-------|---------------|---------------|---------------|
| KWh | 15 menit | | |
| Hari | 168,02 | 119,38 | 115,3 |
| Bulan | 3.557,05 | 2.553,02 | 2.465,88 |
| Tahun | 42.684,66 | 30.636,3 | 29.590,56 |
| Tarif | | | |
| Hari | Rp. 246.489 | Rp.175.141 | Rp.169.218 |
| Bulan | Rp. 5.218.200 | Rp.3.745.288 | Rp.3.617.446 |
| Tahun | Rp.62.618.396 | Rp.44.943.452 | Rp.43.409.352 |
| KWh | 30 menit | | |
| Hari | 163,24 | 115,87 | 111,96 |
| Bulan | 3.451,95 | 2.475,75 | 2.391,3 |
| Tahun | 41.423,4 | 29.709 | 28.695,6 |
| Tarif | | | |
| Hari | Rp.239.480 | Rp.169.988 | Rp.164.245 |
| Bulan | Rp.5.064.011 | Rp.3.631.925 | Rp.3.508.037 |
| Tahun | Rp.60.768.128 | Rp.43.583.103 | Rp.42.096.445 |

TABEL 5
REKOMENDASI JENIS AC UNTUK PENGHEMATAN

| <i>Low watt</i> | Harga | <i>Inverter</i> | Harga | Jumlah |
|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|--------|
| Panasonic KN7WKJ | Rp.4.150.000 | Panasonic PU7UKP | Rp.5.250.000 | 8 |
| Panasonic KN9WKJ | Rp.4.475.000 | Panasonic PU9UKP | Rp.5.425.000 | 12 |
| Panasonic LN12WKJ | Rp.5.125.000 | Panasonic PU12UKP | Rp.6.425.000 | 7 |
| Total | Rp. 123.425.000 | | Rp. 153.075.000 | |

sebesar Rp. Rp. 2.720.698 dengan persentase penghematan sebesar 5,8 %. Pada AC *inverter* diperoleh penghematan sebesar 1.789,92 KWh dan biaya penghematan sebesar Rp. 2.625.813 dengan persentase penghematan sebesar 5,8 %.

Penghematan energi listrik dengan mengganti AC standar menjadi AC *low watt* maupun AC *inverter* dibutuhkan biaya investasi yang besar, sehingga perlu melakukan penghitungan *payback period* agar dapat mengetahui lama waktu dalam pengembalian biaya investasi yang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3. Pada Tabel 5 merupakan rekomendasi jenis AC untuk memperoleh peluang penghematan serta biaya investasi yang dibutuhkan dalam melakukan penghematan.

Perhitungan nilai Payback period pada penggantian AC standar menjadi AC *low watt* menggunakan Persamaan 11 diperoleh nilai sebagai berikut.

$$n = (1/1+i) \log \left(1 - \frac{i \cdot pV}{A} \right) \quad (11)$$

$$n = (1/1+0,00479) \log \left(1 - \frac{0,00479 \times 122.775.000}{3.858.650} \right)$$

$$n = (0,99523) \log (0,8476)$$

$$n = \frac{-0,07180}{-0,00207}$$

$$n = 34,6 \text{ bulan (2,8 tahun)}$$

Perhitungan nilai Payback period pada penggantian AC standar menjadi AC *inverter* menggunakan Persamaan 12 diperoleh nilai sebagai berikut.

$$n = \left(\frac{1}{1+i} \right) \log \left(1 - \frac{i \cdot pV}{A} \right) \quad (12)$$

$$n = (1/1+0,00479) \log \left(1 - \frac{0,00479 \times 152.075.000}{3.726.855} \right)$$

$$n = (0,99523) \log (0,80455)$$

$$n = \frac{-0,09444}{-0,00207}$$

$$n = 45,6 \text{ bulan (3,8 tahun)}$$

Dari hasil penghitungan *payback period*, pada AC *low watt* lama pengembalian biaya investasi selama 2,9 tahun dan pada AC *inverter* lama pengembalian biaya investasi selama 3,8 tahun.

E. Peluang Penghematan pada Sistem Penerangan

Lampu penerangan buatan yang digunakan adalah jenis lampu TL neon dengan daya 40 watt dan 20 watt serta menggunakan lampu LED bulb dengan daya 11 watt. Penerangan yang baik harus memenuhi Standar Nasional Indonesia yang telah ditetapkan yaitu sebesar 350 lux untuk ruang kerja dan 300 lux untuk ruang rapat [19]. Pengukuran intensitas penerangan dilakukan menggunakan metode pengukuran penerangan umum menurut SNI 7062-2019 menggunakan alat ukur lux meter. Hasil pengukuran tingkat penerangan terdapat pada Tabel 6.

TABEL 6
 TINGKAT PENERANGAN RUANG KERJA DAN RUANG RAPAT GEDUNG C

| Ruang | Luas (m ²) | Lampu | Daya (w) | Lux | Daya (w/m ²) |
|--------------------------------------|------------------------|------------------|----------|--------|--------------------------|
| KPA | 23,2 | 4 TL | 160 | 45,67 | 6,89 |
| Ruang Tamu | 16 | 1 LED Bulb, 1 SL | 22 | 17,68 | 1,37 |
| Ruang Asisten I | 25,52 | 4 TL, 2 LED Bulb | 102 | 67,03 | 3,99 |
| Staf Asisten I | 12,76 | 2 LED Bulb | 22 | 31,21 | 1,72 |
| Rapat | 22,8 | 4 TL | 160 | 80,91 | 7,01 |
| Ruang Asisten II | 25,52 | 4 TL, 2 LED Bulb | 102 | 68,53 | 3,99 |
| Staf Asisten II | 12,76 | 2 LED Bulb | 22 | 30,91 | 1,72 |
| Rapat | 22,8 | 4 TL | 160 | 82,70 | 7,01 |
| Ruang Asisten III | 25,52 | 4 TL | 80 | 63,87 | 3,13 |
| Staf Asisten III | 12,76 | 2 LED Bulb | 22 | 30,08 | 1,72 |
| Rapat | 22,8 | 4 TL | 160 | 81,80 | 7,01 |
| Ruang Kabag Kesra | 21,6 | 4 TL | 160 | 77,34 | 7,40 |
| Staf Kesra | 116 | 14 TL | 560 | 104,69 | 4,82 |
| Rapat Kesra | 32,48 | 4 TL | 160 | 96,34 | 4,92 |
| Ruang Kabag Tapem | 19 | 4 TL | 160 | 102,29 | 8,42 |
| Staf Tapem | 46 | 6 TL | 240 | 138,26 | 5,21 |
| Ruang Kabag Administrasi Pembangunan | 21,6 | 4 TL | 160 | 71,24 | 7,40 |
| Staf Administrasi Pembangunan | 53,82 | 6 TL | 240 | 112,11 | 4,45 |
| Rapat | 22,8 | 4 TL | 160 | 104,87 | 7,01 |
| Ruang Kabag PBDJ | 19 | 2 TL | 160 | 163,40 | 8,42 |
| Staf PBDJ | 64,8 | 6 TL | 320 | 121,80 | 4,93 |
| Rapat I | 16 | 2 LED Bulb | 22 | 90,4 | 1,37 |
| Rapat II | 16 | 2 LED Bulb | 22 | 60,2 | 1,37 |
| Rapat III | 16 | 2 LED Bulb | 22 | 59,6 | 1,37 |

TABEL 7
 HASIL SIMULASI TINGKAT PENERANGAN MENGGUNAKAN DIALUX EVO 9.2

| Ruang | Luas (m ²) | Lampu | Daya (w) | Lux | Daya (w/m ²) |
|--------------------------------------|------------------------|-------------------|----------|-----|--------------------------|
| KPA | 23,2 | 4 TL-D | 144 | 363 | 6,20 |
| Ruang Tamu | 16 | 2 LED Bulb | 48 | 194 | 1,81 |
| Ruang Asisten I | 25,52 | 4 TL-D | 144 | 378 | 5,64 |
| Staf Asisten I | 12,76 | 4 LED Bulb | 108 | 421 | 4,54 |
| Rapat | 22,8 | 4 TL-D | 144 | 361 | 6,31 |
| Ruang Asisten II | 25,52 | 4 TL-D | 144 | 366 | 5,64 |
| Staf Asisten II | 12,76 | 4 LED Bulb | 108 | 420 | 4,54 |
| Rapat | 22,8 | 4 TL-D | 144 | 355 | 6,31 |
| Ruang Asisten III | 25,52 | 4 TL-D | 144 | 376 | 5,64 |
| Staf Asisten III | 12,76 | 4 LED Bulb | 108 | 418 | 4,54 |
| Rapat | 22,8 | 4 TL-D | 144 | 354 | 6,31 |
| Ruang Kabag Kesra | 21,6 | 4 TL-D | 144 | 414 | 6,66 |
| Staf Kesra | 116 | 12 TL-D | 240 | 366 | 2,06 |
| Rapat Kesra | 32,48 | 4 Master LEDtube | 72,8 | 311 | 2,24 |
| Ruang Kabag Tapem | 19 | 4 TL-D | 144 | 409 | 7,57 |
| Staf Tapem | 46 | 10 Master LEDtube | 145,6 | 376 | 4,34 |
| Ruang Kabag Administrasi Pembangunan | 21,6 | 4 TL-D | 144 | 400 | 6,66 |
| Staf Administrasi Pembangunan | 53,82 | 6 Master LEDtube | 109,2 | 390 | 2,22 |
| Rapat Administrasi Pembangunan | 22,8 | 4 Master LEDtube | 72,8 | 314 | 3,19 |
| Ruang Kabag PBDJ | 19 | 4 TL-D | 144 | 388 | 7,57 |
| Staf PBDJ | 64,8 | 10 Master LEDtube | 182 | 359 | 3,08 |
| Rapat PBDJ I | 16 | 4 LED Bulb | 96 | 315 | 3,62 |
| Rapat PBDJ II | 16 | 4 LED Bulb | 96 | 342 | 3,62 |
| Rapat PBDJ III | 16 | 4 LED Bulb | 96 | 341 | 3,62 |

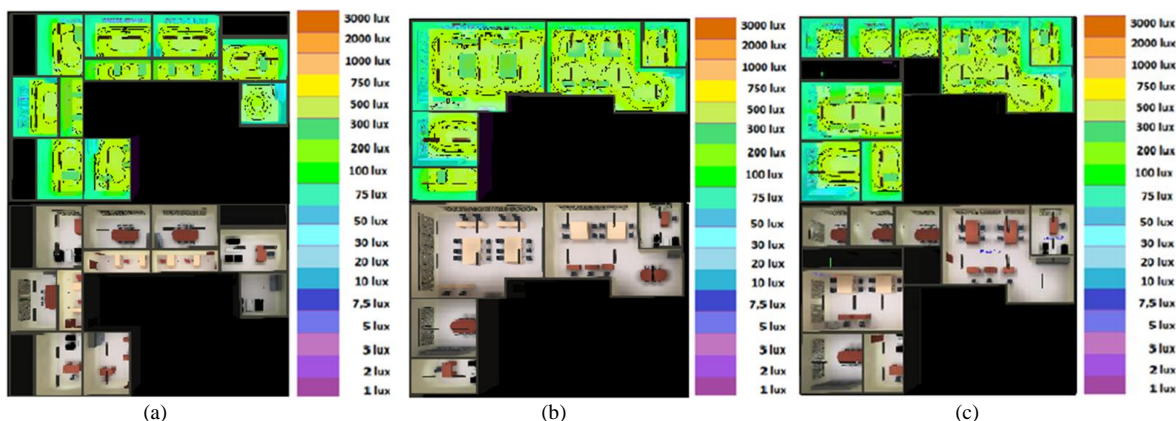
Berdasarkan hasil pengukuran, tingkat penerangan berada pada nilai dibawah standar penerangan untuk ruang kerja dan ruang rapat. Untuk mendapatkan tingkat penerangan yang sesuai dengan standar dapat dilakukan simulasi penerangan menggunakan *software* Dialux Evo 9.2. Lampu yang digunakan dalam melakukan simulasi penerangan yaitu lampu Master LED tube, TL-D dan LED Bulb serta penambahan titik lampu untuk mendapatkan tingkat penerangan yang sesuai dengan SNI 03-6197-2011. Hasil simulasi penerangan menggunakan Dialux Evo 9.2 terdapat pada Tabel 7.

Visualisasi dari penyebaran tingkat penerangan pada ruang kerja dan ruang rapat gedung C menggunakan *software* Dialux Evo 9.2 terdapat pada Gambar 4.

Lama waktu operasional untuk ruang kerja selama 8 jam sehari. Selama satu bulan penggunaan ruangan sebanyak 22 hari dan selama satu tahun penggunaan ruangan sebanyak 264 hari. Sedangkan untuk ruang rapat lama waktu operasional untuk ruang rapat selama 2 jam sehari. Selama satu bulan

TABEL 8
KONSUMSI ENERGI LISTRIK DAN BIAYA LISTRIK LAMPU TERPASANG DAN LAMPU PENGHEMATAN

| Terpasang | | | Rekomendasi | | |
|-------------------------------|----------|-------------|-------------|-----------------|---------------|
| Jumlah | Lampu | Daya (Watt) | Jumlah | Lampu | Daya (Watt) |
| 70 | TL tube | 40 | 38 | Master LED tube | 20 |
| 12 | TL tube | 20 | 8 | Master LED tube | 18,2 |
| 17 | LED bulb | 11 | 52 | TL-D | 36 |
| 1 | SL | 11 | 30 | LED bulb | 14,5 |
| Konsumsi Energi Listrik (KWh) | | | | | |
| Terpasang Rekomendasi | | | | | |
| Hari | | | | | 18,42 KWh |
| Bulan | | | | | 394,78 KWh |
| Tahun | | | | | 4737,45 KWh |
| Biaya Listrik | | | | | |
| Hari | | | | | Rp. 27.026 |
| Bulan | | | | | Rp. 579.154 |
| Tahun | | | | | Rp. 6.949.848 |



Gambar 4. Sebaran Tingkat Penerangan Ruang Kerja Dan Ruang Rapat Gedung C (a) Sebaran Tingkat Penerangan Lantai 1 (b) Sebaran Tingkat Penerangan Lantai 2 (c) Sebaran Tingkat Penerangan Lantai 3

penggunaan ruangan sebanyak 15 hari dan selama satu tahun penggunaan ruangan sebanyak 180 hari. Berikut ini pada Tabel 8 merupakan besar konsumsi energi listrik (KWh) dan biaya listrik pada lampu yang terpasang dan rekomendasi lampu penghematan energi listrik.

Untuk mengetahui besar penghematan energi listrik dengan mengganti lampu TL menjadi lampu LED dapat menggunakan Persamaan 13 untuk mengetahui KWh penghematan, Persamaan 14 untuk mengetahui biaya penghematan dan Persamaan 15 untuk mengetahui persentase penghematan yang dapat dicapai.

$$\text{Penghematan KWh} = \text{KWh lampu TL} - \text{KWh lampu LED} \quad (13)$$

$$\text{Penghematan Biaya} = \text{Biaya listrik lampu TL} - \text{Biaya listrik AC lampu LED} \quad (14)$$

$$\% \text{ Penghematan} = \frac{\text{biaya penghematan}}{\text{tagihan listrik lampu TL}} \times 100\% \quad (15)$$

Penghematan energi listrik pada sistem penerangan dengan mengganti lampu TL menjadi lampu LED dengan menggunakan persamaan 7 diperoleh penghematan KWh dalam kurun waktu satu tahun sebesar 921,89 KWh. Penghematan pada biaya listrik dapat dihitung menggunakan persamaan 8 diperoleh penghematan dalam kurun waktu satu tahun sebesar Rp. 1.352.408. Persentase penghematan dapat dihitung menggunakan persamaan 9 diperoleh persentase penghematan dalam kurun waktu satu tahun sebesar 16,28%.

Penghematan energi listrik dengan mengganti lampu TL menjadi lampu LED dibutuhkan biaya investasi yang besar, sehingga perlu melakukan penghitungan *payback period* agar dapat mengetahui lama

TABEL 9
REKOMENDASI JENIS LAMPU UNTUK PENGHEMATAN

| Lampu | Daya (watt) | Lumen | Jumlah | Harga |
|-------------------------|-------------|-------|--------|----------------|
| Philips Master LED tube | 20 | 3700 | 38 | Rp. 524.600 |
| Philips TL-D | 36 | 3070 | 52 | Rp. 31.500 |
| Philips Master LED tube | 18,2 | 3100 | 8 | Rp. 442.000 |
| Philips LED bulb | 14,5 | 1360 | 30 | Rp. 77.000 |
| Total | | | | RP. 27.418.800 |

waktu dalam pengembalian biaya investasi yang dapat dihitung menggunakan persamaan 3. Pada Tabel 9 merupakan rekomendasi jenis lampu untuk memperoleh peluang penghematan serta biaya investasi yang dibutuhkan dalam melakukan penghematan.

Perhitungan nilai *Payback period* pada penggantian lampu TL neon menjadi lampu TL LED-menggunakan Persamaan 16 diperoleh nilai sebagai berikut.

$$n = (1/1+i) \log \left(1 - \frac{i \cdot PV}{A} \right) \quad (16)$$

$$n = (1/1+0,00479) \log \left(1 - \frac{0,00479 \times 26.858.800}{579.154} \right)$$

$$n = (0,99523) \log (0,77786)$$

$$n = \frac{-0,10909}{-0,00207}$$

$$n = 52,7 \text{ bulan (4,3 tahun)}$$

Dari hasil penghitungan *payback period* dengan menggunakan persamaan 3 pada penggantian lampu TL menjadi lampu LED lama pengembalian biaya investasi selama 4,3 tahun.

F. Pembahasan

Kondisi kelistrikan Gedung C dalam kondisi baik yang ditunjukkan pada Gambar 2 (a) bahwa nilai tegangan listrik berada dalam kondisi normal yang ditetapkan oleh PLN dengan batas minimal -10% dari 220 Volt yaitu batas minimal sebesar 198 Volt dan batas maksimum +5% dari 220 Volt dengan batas maksimum sebesar 231 Volt [20] serta berdasarkan grafik *power factor* yang terdapat pada Gambar 2 (c) rata-rata nilai *power factor* berkisar antara 0,89 – 0,93 yang berarti nilai nya berada diatas batas minimum ketentuan PLN yaitu sebesar 0,85 sehingga minim terjadi rugi-rugi daya dan kualitas daya listrik dalam kondisi baik.

Nilai IKE pada gedung C mengalami peningkatan. Perhitungan nilai IKE tahun 2019 pada Gedung C sebesar 105,36 KWh /m²/tahun dan nilai IKE pada tahun 2020 sebesar 123,85 KWh/m²/tahun yang masih dalam kategori efisien untuk bangunan gedung, tetapi peluang penghematan energi listrik dapat dilakukan untuk mendapatkan nilai sangat efisien, yaitu dengan menggunakan peralatan kelistrikan yang lebih hemat energi dan pengaturan jam operasional pada peralatan kelistrikan.

Peluang penghematan energi dilakukan pada sistem pendingin dan sistem penerangan. Penghematan dilakukan dengan mengganti AC standar menjadi AC *low watt* maupun AC *inverter* dengan perolehan penghematan sebesar 28% dan 30,6% serta penghematan dengan melakukan pergeseran jam operasional juga dapat menghemat energi karena peralatan kelistrikan menyala tidak lebih lama dari sebelum penghematan sehingga secara otomatis daya yang dikeluarkan akan lebih sedikit. Penghematan pada sistem penerangan dilakukan dengan mengganti lampu TL menjadi lampu LED dengan perolehan penghematan sebesar 16,28%. Penghematan energi pada sistem pendingin dan sistem penerangan dapat diperoleh karena daya yang dihasilkan AC *low watt*, AC *inverter* dan lampu LED lebih sedikit sedangkan AC standar menghasilkan arus dan daya lebih besar sehingga AC standar dianggap lebih boros energi listrik dan penggunaan lampu neon cenderung lebih boros energi listrik karena untuk menyalakan lampu neon membutuhkan daya listrik yang tinggi [2], [3].

Penghematan energi listrik dengan menggunakan peralatan kelistrikan yang lebih hemat energi membutuhkan biaya investasi yang besar, sehingga perlu dilakukan perhitungan *payback period* untuk

mengetahui lama waktu dalam pengembalian modal investasi dalam melakukan penghematan [10]. Biaya investasi yang dikeluarkan untuk penghematan energi disesuaikan dengan kebutuhan agar perolehan *payback period* tidak terlalu lama sehingga kualitas peralatan kelistrikan tetap terjaga.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) gedung C kantor Setda Kabupaten Semarang pada tahun 2019 sebesar 105,3607 KWh / m²/tahun dan tahun 2020 dengan nilai IKE sebesar 123,85 KWh /m²/tahun dalam kategori efisien. Rekomendasi penghematan dengan mengganti AC *low watt* memperoleh penghematan sebesar 28% dengan selisih penghematan sebesar 12.382,32 KWh dan penghematan biaya listrik sebesar Rp. 18.164.863 selama satu tahun dan *payback period* selama 2,9 tahun. Rekomendasi penggantian AC *inverter* memperoleh penghematan sebesar 30,6% dengan selisih penghematan sebesar 13.460,4 KWh dan selisih penghematan listrik sebesar Rp. 19.746.406 selama satu tahun dan *payback period* selama 3,8 tahun. Rekomendasi penghematan mengatur jam operasional dengan mematikan AC 15 menit sebelum jam kerja berakhir, pada AC standar, *low watt* dan *inverter*, berurutan diperoleh penghematan sebesar 2,8%, 2,9%, dan 2,9% dengan selisih penghematan berurutan sebesar 1.261,28 KWh, 927,3 KWh, dan 894,96 KWh. penghematan biaya listrik berurutan sebesar Rp. 1.850.268, Rp. 1.360.349 dan Rp. 1.312.906 selama satu tahun. Rekomendasi penghematan mengatur jam operasional dengan mematikan AC 30 menit sebelum jam kerja berakhir, pada AC standar, *low watt* dan *inverter*, berurutan diperoleh penghematan sebesar 5,7%, 5,8%, dan 5,8% dengan selisih penghematan berurutan sebesar 2,522,62 KWh, 1.854,6 KWh dan 1.789,92 KWh. Penghematan biaya listrik berurutan sebesar Rp. 3.700.536, Rp. 2.720.698 dan Rp. 2.625.813 selama satu tahun. Rekomendasi penghematan dengan mengganti lampu TL neon dengan lampu TL LED serta penambahan titik lampu diperoleh penghematan sebesar 16,28% dengan selisih penghematan sebesar 921,89 KWh dan penghematan biaya listrik sebesar Rp. 1.352.408 selama satu tahun dan *payback period* selama 4,4 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Hasan, *Pelaksanaan Efisiensi Energi Di Bangunan Gedung*. Surabaya, 2014.
- [2] R. Joto, "Studi Perbandingan Pemakaian Energi Air Conditioner Inverter Dengan Air Conditioner Konvensional," *J. ELTEKELTEK*, vol. 11, no. 01, pp. 111–121, 2017.
- [3] T. Fatahilah, A., & Prihatiningsih, "Perancangan Dan Pengembangan Produk Lampu Rumah Berbasis Mikrokontroler Arduino," *J. Teknol. Dan Manaj. Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 21–27, 2019.
- [4] Inpres nomor 13 tahun, "Penghematan Energi dan Air," 2011.
- [5] V. C. Umanailo, A. M., Rumbayan, M., & Poekoel, "Audit Energi Di Kantor Walikota Manado, Sulawesi Utara," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 2, pp. 113–122, 2018.
- [6] R. Sulistio, H., & Soebiantoro, "Kajian Intensitas Penerangan Di Gedung Baru Jurusan Teknik Penerbangan Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia," *J. Ilm. Aviassi*, vol. 13, no. 1, pp. 61–70, 2020.
- [7] T. Bumi, A. N. A., Hama, H., & Tadjuddin, "Audit Energi Dan Analisis Peluang Penghematan Konsumsi Energi Listrik Pada Gedung Balai Teknik Kesehatan Lingkungan," *Semin. Nas. Tek. Elektro dan Inform.*, no. September, pp. 86–92, 2021.
- [8] U. H. Ali, S. B. M., Hasanuzzaman, M., Rahim, N. A., Mamun, M. A. A., & Obaidallah, "Analysis of energy consumption and potential energy savings of an institutional building in Malaysia.," *Alexandria Eng. J.*, 2020.
- [9] C. G. I. Dana, G. W. P., Arjana, I. G. D., & Partha, "Konservasi Energi Pada Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kota Denpasar," *J. SPEKTRUM*, vol. 7, no. 2, pp. 73–80, 2020.
- [10] N. Illahi, S. N., Priatna, E., & Hiron, "Analisis konservasi energi pada sistem pencahayaan dan sistem pendingin di kantor sekretaris daerah kabupaten garut," *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 01, no. 02, pp. 29–36, 2020.
- [11] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Bandung: Alfabeta Bandung, 2016.
- [12] M. A. Babu, S. Janarthanan, R. Keerthimano, and A. Bhuvanesh, "Energy audit at tejaa shakthi institute of technology for women," *Int. J. Civ. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 8, pp. 1654–1661, 2017.
- [13] SNI 03-6196-2011, "Prosedur Audit Energi Pada Bagunan Gedung," 2011.
- [14] A. Saputra, M., & Hamzah, "Studi Analisis Potensi Penghematan Konsumsi Energi Melalui Audit dan Konservasi Energi Listrik di Rumah Sakit Universitas Riau," *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no. 1, pp. 1–13, 2017.
- [15] I. M. Agus, F. X. S., Janardana, I. G. N., & Suartika, "Audit Dan Analisis Penghematan Energi Listrik Di Hotel Sun Island Bali," *J. S.*, vol. 7, no. 1, pp. 62–68, 2020.
- [16] M. Paul, B., Kamath, V., & Mathew, "Lighting audit and energy efficient LED based lighting scheme for a pharmaceutical industry," *2017 Innov. Power Adv. Comput. Technol. i-PACT 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 1–5, 2017.
- [17] SNI 7062-2019, "Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja," 2019.
- [18] SNI 03-6390-2011, "Konservasi Energi Sistem Tata Udara Bangunan Gedung," 2011.
- [19] SNI 03-6197-2011, "Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan," 2011.
- [20] SPLN 1: 1978, "Tegangan-tegangan Standar," 1978.