

Simulasi Penggunaan Komponen *Smart Building* untuk Meningkatkan IKE di Gedung Rektorat Universitas Udayana

I Made Adhi Permana S.¹, Rukmi Sari Hartati², I Nyoman Satya Kumara³

[Submission: 22-07-2022, Accepted: 28-08-2022]

Abstract—One of the important aspects in energy management is energy audit activities. The benefits of an energy audit include recommendations for actions to be taken to improve energy efficiency, reduce costs and save money on energy bills. This study aims to obtain information on the efficiency of the use of electrical energy in the rectorate building of Udayana University and how big the potential for saving electrical energy is through testing energy-saving equipment. The results of the measurement, observation and data collection of the load at the Udayana University rectorate, the total power and electrical energy consumption of the Udayana University Rectorate building are 120.12 kW and 15521.02 kWh, respectively. The biggest need for electricity supply is air conditioning, which is 61.5 kW with energy consumption of 62%. In general, the Rectorate building of Udayana University has an IKE value of 49.43 kWh/m²/year. The IKE value for the AC/non-AC building category is 4.12 kWh/m²/month (very efficient). Meanwhile, in terms of IKE per room, there is still a value below the efficient category because electrical equipment is still / left on when working hours are over, especially lights and air conditioners. The application of Smart Building equipment with the aim of efficient use of electrical energy shows a decrease in lighting electrical energy consumption by 161.25 kWh (31%) while for air conditioning by 143.86 kWh (11%).

Intisari—Salah satu aspek penting dalam manajemen energi adalah kegiatan audit energi. Manfaat audit energi yaitu diperoleh rekomendasi tindakan yang harus diambil untuk meningkatkan efisiensi energi, mengurangi biaya dan menghemat uang pada tagihan energi. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi efisiensi penggunaan energi listrik di gedung rektorat Universitas Udayana serta seberapa besar potensi penghematan energi listrik melalui pengujian peralatan hemat energi. Hasil dari pengukuran, pengamatan dan pendataan beban di rektorat Universitas Udayana, total daya dan konsumsi energi listrik gedung Rektorat Universitas Udayana sebesar 120,12 kW dan 15521,02 kWh. Kebutuhan penyediaan daya listrik terbesar adalah pada pengkondisian udara yaitu 61.5 kW dengan konsumsi energi sebesar 62%. Secara umum gedung Rektorat Universitas Udayana memiliki nilai IKE sebesar 49.43 kWh/ m²/ tahun. Untuk nilai IKE dengan kategori gedung AC/ non AC sebesar 4.12 kWh/ m²/ bulan (sangat efisien). Sedangkan dari sisi

masih terdapat nilai dibawah kategori efisien yang disebabkan peralatan listrik masih/dibiarkan menyala saat jam kerja sudah berakhir terutama lampu dan AC. Penerapan peralatan *Smart Building* dengan tujuan pengefisienan penggunaan energi listrik memperlihatkan terjadinya penurunan konsumsi energi listrik pencahayaan sebesar 161,25 kWh (31%) sedangkan untuk pengkondisian udara sebesar 143,86 kWh (11%).

Kata Kunci - Audit Energi, Intensitas Konsumsi Energi, Listrik, Manajemen Energi, Smart Building.

I. PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu input utama bagi pembangunan ekonomi suatu negara. Di negara berkembang, sektor energi menjadi sangat penting mengingat kebutuhan energi yang terus meningkat yang membutuhkan investasi besar untuk memenuhinya. Untuk mengurangi biaya dan meningkatkan efisiensi, maka digunakan konservasi energi, manajemen dan audit. Manajemen Energi memiliki tujuan untuk mempertahankan serta mencapai pengadaan dan penggunaan energi yang optimal pada suatu organisasi sebagai upaya dalam meminimalisir tagihan penggunaan energi/ pemborosan tanpa mempengaruhi produksi dan kualitas [1]. Bentuk penerapan dari program manajemen energi diantaranya: teknologi baru yang efisien energi, proses produksi / layanan baru dan bahan-bahan baru [2].

Dalam Peraturan Pemerintah Nomor.70 tahun 2009 tentang Konservasi Energi dan Peraturan Menteri ESDM Nomor.14 tahun 2014 tentang Manajemen Energi tertuang kewajiban untuk melaksanakan audit energi secara berkala [3]. Tujuan utama dari audit energi adalah untuk mengetahui pola penggunaan energi, jumlah energi digunakan, dan yang paling penting adalah jumlah energi yang dibutuhkan. Pelaksanaan audit energi memperoleh besaran nilai IKE pada suatu bangunan agar sesuai dengan standar yang berlaku sehingga tercapai penggunaan energi yang efektif dan efisien [4]. Manfaat dari melaksanakan audit energi yaitu diperoleh rekomendasi langkah-langkah yang harus diambil oleh manajemen untuk meningkatkan efisiensi energi, mengurangi biaya energi dan menghemat uang pada tagihan energi. Audit Energi adalah kunci pendekatan sistematis untuk pengambilan keputusan di bidang manajemen energi.

Gedung Rektorat merupakan bangunan perkantoran yang berfungsi sebagai pusat pelayanan untuk semua kegiatan yang berhubungan dengan akademik maupun non akademik di Universitas Udayana. Gedung Rektorat Universitas Udayana berlokasi di Jalan Raya Kampus UNUD Jimbaran Badung, didirikan sekitar tahun 1993 yang menempati lahan seluas 3768 m², terbagi atas tiga lantai dan satu basement. Gedung Rektorat Universitas Udayana menggunakan listrik PLN sebagai

¹Mahasiswa, Magister Teknik Elektro Universitas Udayana, Jl. PB Sudirman Denpasar-Bali, 80232; 0361-223797; e-mail: adhipermana@unud.ac.id

^{2,3}Dosen, Magister Teknik Elektro Universitas Udayana, Jl. PB Sudirman Denpasar-Bali, 80232; 0361-555225; e-mail: rukmisari@unud.ac.id, satya.kumara@unud.ac.id

IKE per ruangan

Adhi Permana : Simulasi Penggunaan Komponen *Smart* ...

p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372



pelanggan dengan golongan tarif listrik P1. Kapasitas PLN terpasang sebesar 197.000 VA, dengan energi listrik cadangan berasal dari generator set dengan kapasitas 250.000 VA.

Seperti halnya konsumsi energi listrik di gedung Rektorat Kampus Bukit Jimbaran, dianggap mempunyai kontribusi yang cukup besar dalam pembayaran tagihan listrik di Universitas Udayana. Penambahan peralatan listrik di setiap ruangan baik peralatan kerja maupun perlengkapan gedung berupa komputer, printer, AC dan lainnya terjadi setiap tahunnya. Hal ini menyebabkan semakin besarnya penggunaan energi listrik dan penambahan kapasitas daya yang semakin besar. Sejalan dengan hal tersebut biaya yang dikeluarkan untuk membayar tagihan listrik meningkat setiap tahunnya. Pandemi Covid 19 pada awal tahun 2020 menyebabkan pemerintah menerapkan sistem kerja Work From Home untuk semua instansi pemerintahan maupun instansi pendidikan. Perbandingan tagihan biaya rekening listrik tahun 2019 sebelum pandemi dimulai dengan saat pandemi tahun 2020 dan 2021 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena meskipun dilakukan pembatasan jumlah pegawai yang bekerja, namun peralatan penerangan dan pendingin ruangan tetap bekerja maksimal. Penambahan serta penggunaan peralatan kantor yang tidak efisien juga menjadi penyebab tagihan listrik yang cenderung meningkat setiap tahunnya.

Pada penelitian ini akan diawali dengan melaksanakan kegiatan audit energi untuk memperoleh informasi profil penggunaan energi pada bangunan, nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) serta sumber-sumber pemborosan energi di gedung rektorat Universitas Udayana. Beberapa penelitian mengenai *smart building* telah banyak dilakukan diantaranya dengan membuat *prototype* sistem kontrol pada IoT yang berfokus pada penghematan energi [5][6][7], monitoring suhu ruangan dilakukan dengan menggunakan Zigbee dengan mengirimkan data suhu dilakukan secara realtime [8]. Model pengelolaan energi di gedung rektorat berupa pemasangan komponen peralatan berbasis *smart building* dengan teknologi *Auto Timed Switch* dan *Timer Control* pada peralatan penerangan dan pengkondisian udara untuk mengurangi penggunaan energi listrik yang tidak efisien akibat kelalaian manusia baik disengaja maupun tidak disengaja. Dengan memanfaatkan konektivitas internet, *user* (pegawai) dapat memantau, memonitoring dan mengontrol komponen peralatan melalui aplikasi *smartlife* tanpa harus berada di lokasi/ruangan tempatnya bekerja.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Audit Energi Listrik

Audit energi merupakan suatu metode dan analisa yang digunakan dalam menghitung besarnya konsumsi energi pada suatu gedung bangunan. Hasil dari proses audit energi akan menunjukkan adanya kemungkinan pemborosan atau kurang-efisiensi penggunaan energi, dan dijadikan sebagai dasar pertimbangan untuk penerapan efisiensi energi [9]. Kegiatan audit energi dimulai dari survei data sederhana hingga pengujian data yang sudah ada secara rinci, dianalisa dan dirancang untuk memperoleh data baru. Melalui kegiatan audit energi, dapat diperoleh potret penggunaan energi pada sebuah gedung yaitu gambaran mengenai jenis, jumlah penggunaan energi, peralatan energi, intensitas energi, maupun data-data lainnya. Pemanfaatan energi oleh pengguna sumber energi maupun pengguna energi wajib dilakukan secara hemat dan efisien [10]. Kewajiban untuk melaksanakan audit energi

secara berkala tertuang dalam PP No.70 tahun 2009 tentang Konservasi Energi dan PerMen ESDM No.14 tahun 2014 tentang Manajemen Energi [11][12]. Audit energi dilaksanakan secara berkala sekurang-kurangnya pada peralatan/mesin pemanfaatan energi utama paling sedikit satu kali dalam tiga tahun dilakukan oleh auditor energi internal yang sudah tersertifikasi dan/atau lembaga yang sudah terakreditasi. Dalam melaksanakan audit energi, perusahaan juga dapat mengacu pada standar ISO 50002:2014. Standar ini menetapkan persyaratan dan proses untuk melakukan audit energi dalam kaitannya dengan kinerja energi. ISO 50002:2014 ini berlaku untuk semua jenis perusahaan dan organisasi, dan semua bentuk energi dan penggunaan energi. Standar Internasional ini menetapkan prinsip-prinsip melaksanakan audit energi, persyaratan untuk proses umum selama audit energi, dan hasil kegiatan audit energi [13].

B. Indeks Konsumsi Energi

Intensitas konsumsi energi atau yang lebih dikenal dengan sebutan IKE diperoleh dari proses awal dalam audit energi listrik, yang merupakan nilai dari penggunaan energi listrik pada setiap luasan gedung untuk kurun waktu tertentu.

$$IKE = \frac{\text{pemakaian energi listrik (kWh)}}{\text{luas bangunan (m}^2\text{)}}$$

Nilai IKE diperoleh melalui perhitungan berdasarkan data pada tahapan awal audit energi listrik diantaranya :

1. Data luas gedung yang akan diaudit (m²)
2. Penggunaan energi gedung pertahun (kWh/tahun)
3. Tarif listrik gedung/bangunan (Rp/kWh)
4. Intensitas Konsumsi Energi Tahunan (kWh/m²/tahun)

Seperti yang terlihat pada tabel 1 dibawah adalah nilai standar IKE untuk jenis bangunan perkantoran pemerintah berdasarkan Permen ESDM No. 13/2012 [14].

Tabel 1 Nilai IKE Standar pada Bangunan Gedung Perkantoran Pemerintah Berdasarkan Permen ESDM No. 13/2012

Kriteria	Gedung Kantor Ber-AC kWh/m ² /bulan	Gedung Kantor Tanpa AC kWh/m ² /bulan
Sangat Efisien	< 8,5	< 3,4
Efisien	8,5 - 14	3,4 - 5,6
Cukup Efisien	14 - 18,5	5,6 - 7,4
Boros	> 18,5	> 7,4

C. Peluang Hemat Energi

Proses audit energi rinci untuk memperoleh penghematan energi dilakukan apabila Intensitas Konsumsi Energi yang didapatkan melalui hasil penghitungan lebih besar dari IKE target. Audit terperinci diperlukan bila perolehan nilai Intensitas Konsumsi Energi yang berasal dari audit awal belum memenuhi standar yang berlaku. Melalui audit energi rinci akan dianalisis peluang penghematan untuk menurunkan nilai IKE. Pengukuran

kondisi termal dan tingkat pencahayaan serta mengukur tingkat pemakaian energi listrik sepanjang periode tertentu merupakan sejumlah proses dalam kegiatan audit energi rinci [15]. Setelah melakukan sejumlah proses diatas, dilanjutkan dengan mencari peluang-peluang penghematan energi (PHE) dengan cara konvensional atau dengan bantuan software, menggunakan beberapa parameter melakukan simulasi konsumsi energi untuk memaksimalkan peluang hemat energi yang diperoleh, sehingga dapat diaplikasikan pada objek yang diaudit. Dengan teridentifikasinya peluang hemat energi, selanjutnya dilakukan analisis peluang hemat energi dengan cara membandingkan potensi perolehan hemat energi dengan biaya yang harus dibayar untuk melaksanakan rencana atau program penghematan energi yang direkomendasikan. Kenyamanan penghuni harus tetap diperhatikan dalam kegiatan penghematan energi pada gedung bangunan. Analisis penghematan energi dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya [16]:

1. Efisiensi penggunaan/pemanfaatan energi sekecil mungkin;
2. Perbaikan kinerja dari peralatan listrik;
3. Pemanfaatan energi alternatif berbiaya murah;

III. METODE PENELITIAN

Pada tahap ini mengumpulkan data baik primer, sekunder dan literatur yang menunjang terhadap topik yang dibahas.

A. Bentuk Data

Data kuantitatif berbentuk angka-angka maupun data yang dapat dihitung yang diperoleh dari hasil pencatatan, pengukuran pemakaian listrik, perhitungan biaya energi listrik, maupun pengujian peralatan di lapangan. Data kuantitatif berbentuk grafik maupun gambar yang digunakan sebagai penunjang teori maupun diperoleh berdasarkan hasil penelitian.

B. Teknik Pengumpulan Data dan Analisis :

1. Melakukan pengumpulan data primer dengan melakukan wawancara dengan beberapa pihak untuk memperoleh data terkait luas gedung, sistem kelistrikan gedung, jumlah peralatan listrik serta biaya energi listrik di gedung Rektorat Universitas Udayana. Sedangkan data sekunder pada penelitian ini berasal dari Jurnal, Artikel, Penelitian dan buku-buku yang berhubungan dengan manajemen energi
2. Melakukan pengukuran, pencatatan dan menghitung penggunaan daya listrik pada masing-masing peralatan kantor untuk memperoleh nilai IKE yang akan dibandingkan dengan standar yang berlaku.
3. Melakukan simulasi penerapan komponen peralatan berbasis Smart Building dengan tujuan pengefisienan penggunaan energi listrik yang dilakukan pada salah satu bagian di gedung Rektorat Universitas Udayana. Peralatan yang digunakan pada masing- masing ruangan di bagian BMN adalah *Smart IR Remote* (Pengendalian Pengkondisian Udara), *Smart Wall Switch 1 gang* dan *2 gang* (Pengendalian Pencahayaan) yang terkoneksi dengan jaringan internet.

4. Melakukan perbandingan hasil (konsumsi energi dan IKE) antara sebelum dan setelah pemasangan peralatan berbasis *smart building*.
5. Rekomendasi hemat energi listrik untuk gedung rektorat Universitas Udayana.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

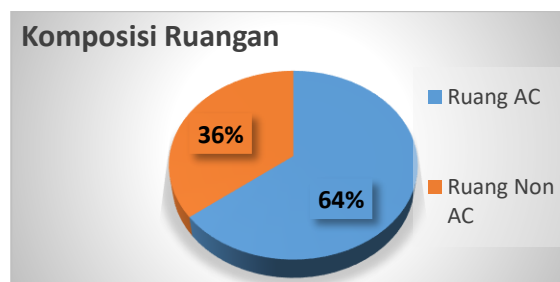
A. Hasil Penelitian

1. Komposisi Bangunan

Berdasarkan hasil pengukuran, pengamatan dan pendataan beban (jenis, volume, daya beban dan waktu operasional) di rektorat universitas udayana dapat diketahui konsumsi energi aktual gedung. Ruangan pada gedung rektorat dibagi menjadi dua kategori yaitu ruang ber AC dan ruang non AC dengan luasan seperti pada tabel 2 :

Tabel 2. Luas Ruangan di Gedung Rektorat

No	Ruangan/Lantai	Luas Lantai (m ²)	AC (m ²)	Non AC (m ²)
1	Basement	231,08	188,04	43,04
2	Lantai 1	1.247,00	632	615
3	Lantai 2	1.070,00	732	338
4	Lantai 3	1.220,00	904	316
	Jumlah	3.768,08	2.412,04	1.356,04
	(%)	100%	64%	36%



Gambar 1. Komposisi Ruangan di Gedung Rektorat

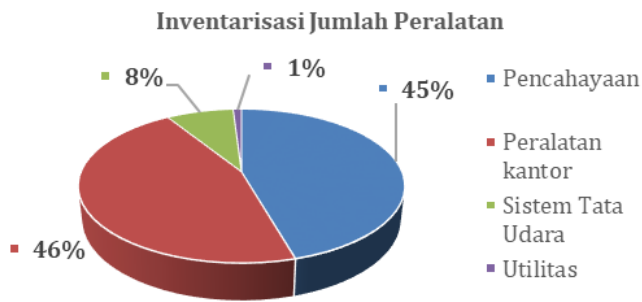
2. Inventarisasi Beban Kelistrikan

Berdasarkan hasil inventarisasi, dapat dilihat perbandingan jumlah peralatan yang mengkonsumsi energi listrik di gedung rektorat Univeristas Udayana pada tabel 3 :

Tabel 3. Inventarisasi Jumlah Peralatan

No	Kelompok Peralatan	Jumlah (unit)	Persentase
1	Sistem Pencahayaan	420	45
2	Pengkondisian Udara	69	8
3	Peralatan Kantor	426	46
4	Peralatan utilitas	5	1
	Total	920	100





Gambar 3. Jumlah Peralatan di Gedung Rektorat

3. Konsumsi Energi Listrik di Gedung Rektorat

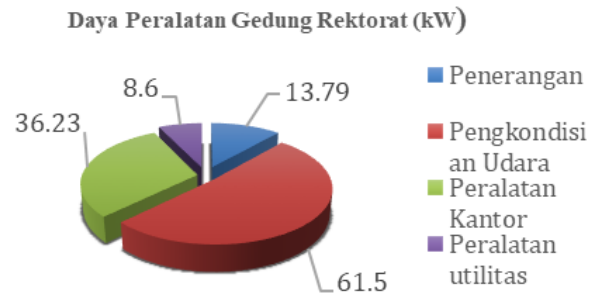
Konsumsi energi listrik harian pada masing-masing ruangan di gedung rektorat diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$W \text{ (kWh)} = \text{daya} \times \text{jumlah unit} \times \text{lama operasi alat (jam)}$$

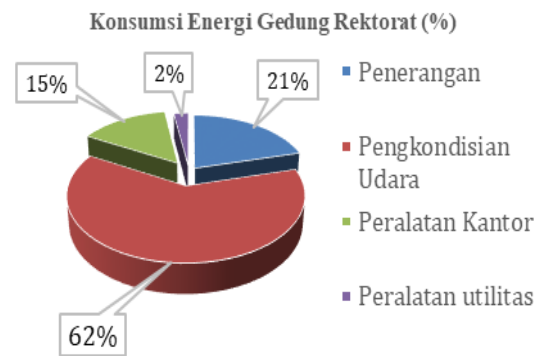
Daya operasional peralatan dan konsumsi energi per lantai dapat dilihat pada tabel 4 dibawah :

Tabel 4. Daya dan Konsumsi Energi di Gedung Rektorat Universitas Udayana

Area/Lantai	Daya (kW)	Konsumsi Energi (kWh)
Basement		
Penerangan	1.31	520.56
Pengkondisian Udara	5.92	1323.68
Peralatan Kantor	2.56	380.00
Utilitas	0.00	0.00
Lantai 1		
Penerangan	4.51	1391.99
Pengkondisian Udara	13.29	2719.96
Peralatan Kantor	2.70	382.73
Utilitas	8.60	365.18
Lantai 2		
Penerangan	3.28	653.36
Pengkondisian Udara	18.15	3091.07
Peralatan Kantor	5.74	714.54
Utilitas	0.00	0.00
Lantai 3		
Penerangan	4.68	660.50
Pengkondisian Udara	24.14	2541.88
Peralatan Kantor	25.24	775.58
Utilitas	0.00	0.00
Total	120.12	15521.02



Gambar 4. Daya Peralatan di Gedung Rektorat



Gambar 5. Konsumsi Energi di Gedung Rektorat

Berdasarkan tabel dan grafik diatas dapat dilihat kebutuhan penyediaan daya listrik terbesar adalah pada pengkondisian udara yaitu 61.5 kW dengan konsumsi energi sebesar 62%. Berikutnya adalah peralatan kantor dengan kebutuhan daya listrik sebesar 36,23 kW dan mengkonsumsi energi sebesar 15%. Untuk penerangan kebutuhan daya listrik sebesar 13,79 kW dengan konsumsi energi sebesar 21%. Peralatan utilitas berupa pompa dan lift dengan kebutuhan daya listrik 8,6 kW mengkonsumsi energi sebesar 2% dari total konsumsi energi di gednug rektorat. Pada penerangan meskipun daya peralatannya kecil namun konsumsi energi melebihi peralatan kantor. Hal ini disebabkan karena pada kondisi aktual di lapangan, penerangan masih menyala saat matahari sudah masuk menerangi ruangan. Penerangan pada masing-masing ruangan juga dapat beroperasi selama 24 jam sehari.

4. Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Intensitas Konsumsi Energi menjadi tolak ukur penggunaan energi listrik pada gedung Rektorat Universitas Udayana. Berdasarkan tabel 2 (luas gedung rektorat), tabel 4 (daya dan konsumsi energi), tabel 2.3 Target IKE listrik dan tabel 1 Standar IKE Bangunan gedung di Indonesia maka dapat dihitung nilai IKE gedung Rektorat :

Luas lantai total : 3768.08 m2 (basement, lantai 1-3)
 Konsumsi energi : 15.521,02 kWh / bulan
 : 186.252,26 kWh / tahun

Nilai IKE pada gedung Rektorat Universitas Udayana adalah:

$$\text{IKE Gedung} = \frac{186.252,26 \text{ kWh / tahun}}{3768.08 \text{ m}^2}$$

Nilai IKE gedung berdasarkan kategori AC / Non AC

$$\begin{aligned} \text{IKE Gedung} &= \frac{15.521,02 \text{ kWh} / \text{bulan}}{3.768,08 \text{ m}^2} \\ &= 4.12 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{bulan} \end{aligned}$$

Secara umum gedung Rektorat Universitas Udayana memiliki nilai IKE sebesar 49.43 kWh/ m²/ tahun. Nilai ini masih berada dibawah standar nilai IKE perkantoran yaitu 240 kWh/ m²/ tahun. Untuk nilai IKE dengan kategori gedung AC/ non AC sebesar 4.12 kWh/ m²/ bulan (sangat efisien). Sedangkan nilai IKE per masing-masing ruangan, sebagai contoh ruangan bagian SDM :

Tabel 5. Daya dan Konsumsi Energi

No	Ruangan	Luas (m ²)		Konsumsi Daya Total	
		AC	Non AC	AC	Non AC
1	Ruang Arsip	-	16	-	12,528
2	Ruang Kabag	24	-	100,189	-
3	Ruang Kerja	184	-	927,996	-
4	Akses Masuk Depan dan Belakang	-	11	-	18,432
Total		208	27	1,028,185	30,96

- IKE Total Ruangan dengan kategori AC :

$$= \frac{1028,185 \text{ kWh} / \text{bulan}}{208 \text{ m}^2} = 4,94 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{bulan} \text{ (masuk kategori efisien)}$$
- IKE Total Ruangan dengan kategori Non AC :

$$= \frac{30,96 \text{ kWh} / \text{bulan}}{27 \text{ m}^2} = 1,15 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{bulan} \text{ (masuk kategori efisien)}$$

Sedangkan nilai IKE per masing-masing ruangan yang ada di rektorat dapat dilihat pada tabel 6 :

Pengamatan terhadap pengelolaan energi eksisting di gedung rektorat Universitas Udayana mulai dari beban kelistrikan dan persentase penggunaan energi melalui audit energi awal memiliki nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) pada kategori sangat efisien. Akan tetapi jika melihat nilai IKE per masing-masing ruangan pada tabel 6 terlihat pada beberapa ruangan nilai IKE nya masih berada dibawah kategori efisien. Begitupun dengan kondisi sebenarnya di masing-masing ruangan, saat jam kerja berakhir masih terdapat peralatan listrik yang masih menyala.

Tabel 6. IKE Ruangan di Gd. Rektorat

No	Lokasi	Ruangan	IKE Ruangan	
			AC	Non AC
1	Basement	BMN	10.13	7.43
2	Lantai 1	SDM	4.94	1.15
		RT	5.14	-
		BAKH	6.00	-
		Lobby	-	1.45
		Toilet	-	3.99
		Utilitas	-	0.10
3	Lantai 2	Lobby	-	0.91
		Tata Usaha	2.84	-
		Ka BU	5.18	-
		HTL	5.78	0.58
		R PPK Kons	4.94	-
		R. Staff Sus	7.77	-
		Toilet	-	1.83
		WR IV	4.65	-
		WR III	7.21	0.31
		WR II	6.42	1.31
		WR I	6.44	0.56
		Media UNUD	15.73	-
		Jubir Rektor	4.58	-
		Rektor	6.61	-
4	Lantai 3	Lobby	-	0.45
		Lobby BKM	-	1.20
		BKM	4.86	-
		Perencanaan	4.30	8.30
		Keuangan	3.78	7.69
		Toilet	-	1.91
		Nusa	3.46	-
		Bangsa	3.29	-

B. Simulasi Penerapan Peralatan Smart Building

Smart Building di era modern adalah bangunan yang menggunakan proses otomatis, memanfaatkan teknologi komputer dan internet untuk mengendalikan operasional dalam sebuah bangunan seperti untuk pemanasan, ventilasi, penyejuk ruangan, pencahayaan, keamanan dan sistem-sistem lainnya untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitasnya [17].

Simulasi penerapan peralatan *Smart Building* dengan teknologi *Auto Timed Switch* dan *Timer Control* (penerangan dan pengkondisian udara) pada salah satu bagian di gedung Rektorat Universitas Udayana yaitu di Bagian Barang Milik



Negara (BMN) lantai *basement*. Perlataan yang digunakan pada masing-masing ruangan BMN adalah *Smart IR Remote* (Pengendalian Pengkondisian Udara), *Smart Wall Switch* 1 gang dan 2 gang (Pengendalian Pencahayaan) yang terkoneksi dengan jaringan internet. Pengaturan *pada wall switch* menggunakan *timer* yang otomatis akan menyalakan penerangan pada masing-masing ruangan pada pukul 05.30 pagi. Pengaturan *timer on* pada pukul 05.30 pagi yang merupakan jam dimulainya pekerjaan oleh *cleaning servis* untuk bagian BMN. Sedangkan untuk *timer off* untuk penerangan diatur pukul 17.00 sore saat jam kerja berakhir. Untuk pengkondisian udara (AC) *timer on* diatur pukul 07.30 pagi sedangkan *timer off* sama dengan pencahayaan yaitu pada pukul 17.00 sore. Kondisi khusus *timer off* untuk penerangan dan pengkondisian udara dinonaktifkan adalah saat adanya pekerjaan tambahan (lembur) pada masing-masing ruangan di bagian BMN Rektorat. Selain pemantauan langsung di lokasi pemantauan kondisi *on/off* peralatan *Smart Building* juga dilakukan melalui *smartphone*. Konsumsi Energi energi pada pencahayaan dan pengkondisian udara di bagian BMN setelah pemasangan *Smart IR Remote* dan *Smart Wall Switch* dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 7. Konsumsi Energi Masing – Masing Ruangan di Bagian BMN

No	Ruangan	Pencahayaan (kWh)	Pengkondisian Udara (kWh)
1	Dapur,	3.007	-
2	WC	3.035	-
3	Ruang Kabag	17.652	176.015
4	Ruang Akpel	50.995	353.353
5	Ruang PBJ	107.646	144.400
6	Ruang Rapat	33.788	142.788
7	Lorong	54.626	-
8	Lorong	10.622	-
9	Gudang ATK	12.262	225.614
10	Teras BMN	35.712	
Total		329.345	1042.170

Tabel 8. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Penerapan Peralatan *Smart Building*

No	Ruangan	Pencahayaan (kWh)		Pengkondisian Udara (kWh)	
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
1	Dapur,	6.528	3.007	-	-
2	WC	5.736	3.035	-	-
3	Ruang Kabag	19.296	17.652	215.969	176.015
4	Ruang Akpel	58.320	50.995	373.691	353.353
5	Ruang PBJ	166.752	107.646	236.361	144.400
6	Ruang Rapat	47.520	33.788	296.216	142.788
7	Lorong	145.152	54.626	-	-
8	Lorong	24.024	10.622	-	-
9	Gudang ATK	11.520	12.262	201.441	225.614
10	Teras BMN	35.712	35.712		
Total		520.560	329.345	1323.677	1042.170

Penerapan teknologi *Smart Building* hanya pada pengkondisian udara dan pencahayaan disebabkan dua komponen tersebut

pada saat penelitian berlangsung merupakan sumber inefisiensi energi listrik pada bagian BMN dan ruangan-ruangan lainnya di gedung Rektorat Universitas Udayana. Kondisi dimana pencahayaan dan pengkondisian udara dalam kondisi menyala saat jam kerja berakhir maupun saat hari libur. Pada tabel 8 dibawah dapat dilihat perbedaan konsumsi energi sebelum (tabel 6) dan setelah penerapan peralatan berteknologi *Smart Building* (tabel 7) pada bagian BMN.

Setelah pemasangan *Smart IR Remote* dan *Smart Wall Switch* di masing-masing ruangan pada bagian BMN rektorat Universitas Udayana terlihat pada pencahayaan dan pengkondisian udara mengalami penurunan konsumsi energi listrik. Penurunan konsumsi energi listrik pencahayaan sebesar 191.215 kWh (36,7%) sedangkan untuk pengkondisian udara sebesar 281.507 kWh (21.3%).

Nilai Intensitas Konsumsi Energi dihitung berdasarkan besarnya konsumsi energi setelah penerapan peralatan berbasis *smart building*. Nilai IKE pada bagian BMN dibagi menjadi dua kategori ruang :

- IKE Total Ruang dengan kategori AC :

Penerangan	Pengkondisian Udara	Peralatan kantor	Total Energi (kWh)/bulan
222.342	1042.170	277.419	1541.932

$$= \frac{1.541.932 \text{ kWh}}{188,04 \text{ m}^2}$$

$$= 8.20 \text{ kWh/ m}^2/ \text{ bulan}$$

- IKE Total Ruang dengan kategori Non AC :

Pencahayaan	Pengondisian Udara	Peralatan kantor	Total Energi (kWh)/bulan
107.002	0	102.583	209.585

$$= \frac{209.585 \text{ kWh}}{43,04 \text{ m}^2}$$

$$= 4.87 \text{ kWh/ m}^2/ \text{ bulan}$$

Perbandingan Nilai IKE sebelum dan sesudah penerapan peralatan berbasis *smart building* dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 9. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Penerapan Peralatan *Smart Building*

No	Ruangan	Kategori AC (kWh/m ² /bulan)		Kategori non AC (kWh/m ² /bulan)	
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
1	BMN	10.128	8.200	7.429	4.870

Berdasarkan tabel 9 diketahui bahwa dengan implementasi peralatan berbasis *smart building* dalam mengendalikan waktu operasi peralatan listrik (penerangan dan pengkondisian udara) dapat menurunkan tingkat konsumsi energi listrik sehingga nilai indeks konsumsi energi pada bagian BMN menjadi lebih kecil dari nilai awal. Jika mengacu pada standar IKE pada tabel 1 untuk kategori ber AC yang semula berada pada kriteria efisien setelah penerapan peralatan berbasis *smart building* meningkat menjadi sangat efisien. Begitu juga dengan kategori non AC yang semula nilai IKE berada pada kriteria cukup efisien meningkat menjadi efisien.

Rekomendasi hemat energi berdasarkan peluang hemat energi dengan prioritas penataan energi pada sisi beban, khususnya perubahan perilaku semua aktivitas dan individu.

Dengan mewujudkan budaya kerja peduli energi di lingkungan gedung perkantoran secara langsung telah mewujudkan manajemen lingkungan menuju kantor pemerintahan hijau (*Green Office*) ramah energi dan lingkungan. Beberapa tindakan yang dapat dilakukan dalam mengefisienkan penggunaan energi :

- Penerapan teknologi *Auto Timed Switch* dan *Timer Control* pada peralatan penerangan dan pengkondisian udara.
- Penggantian lampu/penerangan menggunakan lampu dengan teknologi hemat energi secara bertahap.
- Perawatan dan pemeliharaan peralatan pengkondisian udara yang dilakukan secara berkala
- Penyusunan dan pemberlakuan SOP untuk meningkatkan kesadaran civitas akademik akan pentingnya tindakan penghematan energi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran, pengamatan dan pendataan beban (jenis, volume, daya beban dan waktu operasional) di rektorat universitas udayana dapat diketahui :

1. Gedung Rektorat merupakan bangunan perkantoran yang didirikan sekitar tahun 1993 yang menempati lahan seluas 3768.08 m². Total daya dan konsumsi energi listrik gedung Rektorat Universitas Udayana sebesar 120,12 kW dan 15521,02 kWh. Kebutuhan penyediaan daya listrik terbesar adalah pada pengkondisian udara yaitu 61.5 kW dengan konsumsi energi sebesar 62%. Berikutnya adalah peralatan kantor dengan kebutuhan daya listrik sebesar 36,23 kW dan mengkonsumsi energi sebesar 15%. Untuk penerangan kebutuhan daya listrik sebesar 13,79 kW dengan konsumsi energi sebesar 21%. Peralatan utilitas berupa pompa dan lift dengan kebutuhan daya listrik 8,6 kW mengkonsumsi energi sebesar 2% dari total konsumsi energi di gedung rektorat.
2. Secara umum gedung Rektorat Universitas Udayana memiliki nilai IKE sebesar 49.43 kWh/ m²/ tahun. Nilai ini masih berada dibawah standar nilai IKE perkantoran yaitu 240 kWh/ m²/ tahun. Untuk nilai IKE dengan kategori gedung AC/ non AC sebesar 4.12 kWh/ m²/ bulan (sangat efisien). Namun jika dilihat nilai Intensitas Konsumsi Energi dari masing-masing ruangan yang ada di gedung rektorat Universitas Udayana, beberapa ruangan memiliki nilai IKE dibawah kategori efisien yang disebabkan peralatan listrik masih/ sengaja dibiarkan menyala saat jam kerja sudah berakhir terutama lampu dan pengkondisian udara (AC).
3. Hasil dari penerapan peralatan berbasis *smart building* pada bagian BMN gedung rektorat Universitas Udayana, terjadi penurunan konsumsi energi listrik pencahayaan sebesar 191.215 kWh (36,7%) sedangkan untuk pengkondisian udara sebesar 281.507 kWh (21.3%).
4. Nilai IKE untuk ruang ber AC dan non AC sebelum penerapan peralatan berbasis *smart building* adalah 10,128 kWh/m²/bulan (efisien) dan 7,429 kWh/m²/bulan (cukup efisien). Setelah penerapan, nilai IKE untuk ruang ber AC adalah 8.20 kWh/m²/bulan turun sebesar 19 % dari nilai

awal (sangat efisien). Sedangkan untuk ruangan non AC adalah 4.87 kWh/m²/bulan dengan penurunan nilai IKE sebesar 35 % (efisien).

REFERENSI

- [1] F. Mulyani, H. Suyono, R.N. Hasanah "Audit dan Rancangan Implementasi Sistem Manajemen Energi berbasis ISO 50001 di Universitas Brawijaya," Malang: Jurnal EECIS, Vol. 12, No. 2, 2018.
- [2] D.S. Pasisarha, "Evaluasi IKE Listrik Melalui Audit Energi Awal Eergi Listrik di Kampus Polines," JTET, 1, 1 – 7, 2012.
- [3] D. Despa, G.F. Nama, T. Septiana, M.B. Saputra, "Audit Energi Listrik Berbasis Hasil Pengukuran dan Monitoring Besaran Listrik Pada Gedung A Fakultas Teknik Unila," Electrician-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, Vol. 15, No. 1, 2021.
- [4] K.A.N. Saputra, I.B.G. Manuaba, R.S. Hartati, "Upaya konservasi Energi Listrik Pada Kawasan Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung Mangupraja Mandala," Majalah Ilmiah Teknik Elektro, Vol. 18, No. 1, Pp. 41-46, 2019.
- [5] I M.S. Dwikarta, N.S. Sastra, D.M. Wiharta, "Kinerja Jaringan Sensor Nirkabel untuk Model *Smart building*," Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol.20, No.2, Pp 211-222, 2021.
- [6] S. P Anggara, A. A. N. Amrita, D. C. Khrisne, 2018. Rancang Bangun Alat Kontrol dan Monitoring Konsumsi Listrik Lampu Penerangan Jalan Umum Berbasis Mikrokontroler ATMega 2560. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol. 17, No. 3, Pp 427-432, 2018.
- [7] N. C. Utomo, R. Primananda, R. A. Siregar. Analisis Pemakaian Energi Pada Sensor Node Dengan Protokol Komunikasi *Zigbee* Menggunakan *Solar Cell*. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Vol. 2, No. 9, hlm. 3006-3012, September 2018.
- [8] W. Wiyardani, H. Mistialustina. Aplikasi Penampil Data Hasil Monitoring Suhu dan Kelembaban Ruangan pada Wireless Sensor Network. Jurnal Infotronik Volume 5 No. 1, Pp 22-36, 2020.
- [9] H.N. Pratama, R.S. Hartati, I.N.S. Kumara, "Studi Pengelolaan Energi Listrik Di Perusahaan Pengolahan Daging PT. SOEJASCH BALI," Teknologi Elektro, Vol.16, No. 02, Pp 31-36, 2017.
- [10] Samsuddin, Suriadi, Y. Away, "Audit dan Optimasi Energi Listrik Pada Bangunan Kampus Menggunakan Metode Algoritma Genetika," Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi, Vol. 2, No. 1, 2019.
- [11] Pemerintah Republik Indonesia, "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70 tahun 2009 tentang Konservasi Energi," Jakarta : Sekretariat Negara RI. Kepala Biro Peraturan Perundang-Undangan Bidang Perekonomian dan Industri, 2009.
- [12] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, "Permen ESDM No. 14 Tahun 2012 Tentang Manajemen Energi," Jakarta : Biro Hukum dan Humas ESDM RI, 2012.
- [13] A.W. Biantoro, D.S. Permana, "Analisa Audit Energi Untuk Pencapaian Efisiensi Energi di Gedung AB," Kabupaten Tanggerang, Banten: Jurnal Teknik Mesin (JTM), Vol. 06, 2017.
- [14] J.C. Teruna, "Audit Energi Awal Melalui Perhitungan Intensitas Knsumsi Energi (IKE) Listrik (Studi Kasus Pada Gedung Politeknik Muara Teweh," Jurnal Elekrika Borneo, Vol 5, No. 2, Pp 27-30, 2019.
- [15] *Synergy Solusi*, (2020) 'Bantu Capai Program Efisiensi Dengan Audit Energi,' [Online]. <https://www.synergysolusi.com/berita/berita-terbaru/bantu-capai-program-efisiensi-dengan-audit-energi.html>
- [16] A. Hadi, Z. Abidin, W.M. Faizal, "Analisa Proses Audit Energi Listrik di Gedung D Politeknik Negeri Bengkalis," Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Vol. 5, 2020.
- [17] S.K. Azifah, I. Waspada, "Rancang Bangun *Smart Building* Dalam Memantau dan Mengendalikan Lampu Secara *Realtime* Berbasis Websocket," Jurnal Infokam, No. II, 2017.
- [18] I.N. Yudiyana, I.N.S. Kumara, R.S. Hartati, "Studi Manajemen Energi Listrik di RSUD Kabupaten Klungkung," Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol.18, No. 02, Pp 203-210, 2019.
- [19] C.Y. Rachmat, I.N.S. Kumara, I.A.D. Giriantari, "Studi Manajemen Energi di Rumah Sakit Prima Medika Denpasar," Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol.18, No. 1, Pp 23-34, 2019.



- [20] I.D.A.P.W. Artati, "Studi Terhadap Manajemen Energi di Rumah Sakit Umum Pusat Sanglah Denpasar. Denpasar," M.T. Thesis, Universitas Udayana, Badung, Bali, 2016.