

AUDIT ENERGI LISTRIK PADA BANGUNAN GEDUNG KAMPUS 1 UNIVERSITAS BANTAN JAYA (STUDI KASUS GEDUNG 4 UNIVERSITAS BANTEN JAYA)

Wawan Gunawan¹, Anita Dyah Juniarti², Deni Rosihan³

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya
Jl. Ciwaru Raya No. 73, Cipare, Kec. Serang, Kota Serang, Banten 42117
wgunawan.wg58@gmail.com¹, anita_dyahjuniarti@yahoo.co.id²

Abstract

One type of energy that is often used in modern human life is electrical energy. Energy audit aims to determine the actual energy use in a building and determine steps to seek to improve energy efficiency, so that excessive energy use does not occur and does not interfere comfort in a building. An energy audit is the study of an object to determine how and where energy is used, and to determine energy saving methods. Without reducing the amount of energy that enters the system without negatively affecting output, the consumption of electrical energy used in one day use is 269,50 kWh/day, energy savings for lighting and air conditioning capacity, the efficiency value of the savings made is 30,4% per day of the initial electrical energy value. Energy costs are reduced and get savings of Rp. 2,852,271, - every month. The proposed improvements include appointing a special On-Off officer for equipment in each room, providing an AC remote in each classroom, making stickers that say "turn off the AC and lights when they are not in use", using natural lighting and air from windows when morning to evening. And perform air conditioning maintenance and cleaning.

Keywords: Electrical Energy, Energy Audit, energy saving

ABSTRAK

Salah satu jenis energi yang sering kali digunakan dalam kehidupan manusia modern adalah energi listrik, Audit energi bertujuan untuk mengetahui penggunaan energi yang sebenarnya pada suatu gedung dan menentukan langkahlangkah mencari untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi, agar tidak terjadi penggunaan energi yang berlebihan dan tidak mengganggu kenyamanan dalam gedung. Audit energi merupakan studi tentang suatu objek untuk menentukan bagaimana dan di mana energi digunakan, serta untuk menentukan metode penghematan energi. Tanpa mengurangi jumlah energi yang masuk ke sistem tanpa mempengaruhi output secara negatif konsumsi energi listrik yang digunakan dalam pemakaian satu hari sebesar 269,50 kWh/Hari, pernghematan energi untuk penerangan dan kapasitas AC, didapatkan nilai efisiensi dari penghematan yang dilakukan adalah sebesar 30,4% per hari dari nilai energi listrik awal. Biaya energi menjadi berkurang dan mendapatkan penghematan sebesar Rp. 2.852.271,- setiap bulannya. Perbaikan yang diusulkan antara lain dengan menunjuk petugas khusus On-Off peralatan yang ada di tiap ruangan, menyediakan remot AC pada setiap ruangan kelas, Membuat stiker penulisan “matikan AC dan lampu jika sudah tidak terpakai”, Gunakan pencahayaan dan udara alami dari jendela pada waktu pagi hari sampai sore hari. Dan Melakukan perawatan dan pembersihan AC.

Kata kunci : Energi Listrik, Audit Energi, penghematan energi

1. PENDAHULUAN

Salah satu energi yang sering kali dimanfaatkan dalam kehidupan manusia modern adalah energi listrik (Tanod, Tumaliang, dan Patras 2015). Energi listrik yang merupakan energi yang penting dalam setiap aktivitas manusia baik dalam kegiatan perkantoran, kegiatan Pendidikan, kegiatan industri maupun kehidupan sehari-hari seperti rumah tangga (Umanailo, A. M., Rumbayan, M., & Poekoel 2018). Salah satu aktivitas yang sering menggunakan energi listrik adalah perguruan tinggi yang merupakan jenjang pendidikan setelah pendidikan menengah yang mencakup program jenjang diploma, sarjana, magister, spesialis dan doktor yang diselenggarakan oleh Pendidikan tinggi. Yang diselenggarakan secara terbuka. Salah satunya adalah kampus Universitas Banten Jaya (UBJ) yang merupakan pendidikan tinggi swasta yang berdiri sejak 02 Agustus 2011 yang memiliki luas $\pm 939 \text{ m}^2$ yang terdiri dari 3 lantai. Audit energi memiliki tujuan untuk mengetahui kondisi real di lapangan, konsumsi energi dan biaya yang dikeluarkan. Serta memberikan usulan perbaikan guna mengurangi konsumsi energi dan biaya pada gedung 4. Serta mencari upaya dalam meningkatkan efisiensi penggunaan energi, sehingga tidak terjadi pemakaian energi secara berlebihan serta tidak mengganggu kenyamanan di dalam gedung.

Gedung 4 Universitas Banten Jaya memiliki kapasitas listrik sebesar 53.000 VA yang termasuk golongan pelayanan sosial, dengan biaya listrik $\pm 65,7\%$ perbulan dari keseluruhan biaya tagihan pemakaian energi listrik di kampus 1 Universitas Banten Jaya, yang merupakan sebuah gedung yang digunakan sebagai ruang belajar, ruang dosen, ruang rektorat dan ruang administrasi. Oleh karena itu perlu dikaji apakah intensitas konsumsi listrik tersebut valid dan efisien atau sebaliknya, dari data historis penggunaan energi gedung tersebut, maka audit energi ini merupakan langkah yang tepat untuk mengetahui konsumsi energi yang ideal untuk gedung 4. Kegiatan ini dilakukan melalui survei dan pengukuran, dimana subjek penelitian adalah peralatan yang mengkonsumsi energi listrik. Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan pengamatan dan penelitian tentang konsumsi energi di area gedung 4 Universitas Banten Jaya, dengan judul penelitian : “Audit Energi Listrik Pada Bangunan Gedung Kampus 1 Universitas Banten Jaya (Studi Kasus Kampus di gedung 4 Universitas Banten Jaya)”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daya dan Energi Listrik

Energi listrik adalah kebutuhan yang harus terpenuhi karena banyak aktivitas dalam kehidupan kita yang harus dikendalikan atau diaktifkan oleh energi listrik (Masnur 2021). Energi listrik merupakan energi yang terkait dengan akumulasi arus elektron, dinyatakan dalam watt per jam atau kilowatt per jam. Persamaan yang digunakan untuk menghitung daya listrik pada suatu rangkaian listrik dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1) sebagai berikut (Wardhani 2018):

$$P = V \times I \quad (1)$$

Dimana :

P= Daya Listrik (Watt)

V= Tegangan yang disuplai (Volt)

I= Kuat arus (Amper)

Semakin lama waktu berjalan, semakin besar energi yang dikonsumsi, persamaannya adalah sebagai berikut (Gunawan 2018):

$$W = \frac{p \times t}{1000} [kWh] \quad (2)$$

Dimana :

W = Energi listrik (kWh)

P = Daya listrik (Watt)

t = Satuan waktu (Hour)

2.2. Efisiensi Listrik

Efisiensi disebut juga sebagai usability, yang berarti bahwa tidak semua daya yang dikirimkan ke sistem diubah menjadi daya yang dihasilkan oleh sistem. Selisih persentase antara daya masuk dan daya keluar disebut efisiensi. Dengan persamaan sebagai berikut (Gunawan 2018) :

$$Efisiensi (\%) = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana :

Efisiensi (%) = Persentase efisiensi konsumsi daya listrik

P1 = Konsumsi daya awal

P2 = Konsumsi daya listrik setelah dihemat

2.3. Audit Energi pada Bangunan Gedung

Audit energi merupakan studi tentang suatu objek untuk menentukan bagaimana dan di mana energi digunakan, serta untuk menentukan metode penghematan energi. Audit energi merupakan verifikasi, pemeriksaan dan analisis aliran energi untuk penghematan energi di industri, proses pengurangan jumlah energi yang masuk ke sistem tanpa mempengaruhi output secara negatif. Audit energi merupakan pemeriksaan dan analisis tentang bagaimana perusahaan dan organisasi lain menggunakan energi. Sesuai dengan undang-undang dan pengaturan konservasi energi nasional untuk konsumsi energi, investigasi dan manajemen audit energi (Lamba dan Sanghi 2015).

2.4. Intensitas Konsumsi Energi

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) adalah pembagian antara konsumsi energi dengan satuan luas bangunan gedung, untuk menghitung besar bangunan gedung per luas area yang dikondisikan dalam satu bulan atau satu tahun. IKE dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Djamaludin et al. 2018):

$$IKE = \frac{\sum kWh}{L} \quad (4)$$

Dimana :

IKE : Intensitas Konsumsi Energi

$\sum kWh$: Total kWh

L : Luas Bangunan (m²)

Hasil pengukuran beban harian dari masing-masing melalui perbandingan dan untuk menetapkan “Target” dalam hal ini digunakan nilai IKE dapat menggunakan pedoman pelaksanaan Konservasi Energi dan Pengawasannya di lingkungan Departemen Pendidikan Nasional yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) pada Tahun 2004 pada tabel Peraturan Menteri ESDM No. 13 tahun 2012 tentang Penghematan Tenaga Listrik pada tabel berikut :

Tabel 1. Standar Kriteria IKE bangunan gedung berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No. 13 tahun 2012 tentang Penghematan Pemakaian Tenaga Listrik

No	Kriteria	Gedung Kantor Ber-AC (kWh/m ² /Bulan)	Gedung Kantor Tanpa-AC (kWh/m ² /Bulan)
1	Sangat Efisien	<8,5	<3,4
2	Efisien	8,5 – 14	3,4 – 5,6
3	Cukup Efisien	14 – 18,5	5,6 - 7,4
4	Boros	>18,5	>7,4

(Sumber : Suyatno, Yana MK 2017)

Melalui perbandingan nilai IKE pada bangunan gedung dengan standar tentunya bisa diketahui tingkat efisiensi sebuah ruangan atau keseluruhan gedung dalam proses konservasi energi (Suyatno, Yana MK 2017). Selanjutnya, nilai IKE yang dihasilkan akan menentukan apakah sebuah bangunan yang tergolong apakah masuk pada kriteria sangat efisien, efisien, cukup efisien, dan sangat boros.

2.5. Sistem Pencahayaan

Audit energi sistem pencahayaan bertujuan agar dapat mengetahui tingkat kekuatan penerangan dalam sebuah ruangan (Djamaludin et al. 2018). Sistem pencerahan merupakan sebuah sistem yang berhubungan dengan tata cahaya yang merupakan salah satu sistem yang sangat penting pada sebuah bangunan, dikarenakan sistem pencahayaan sangat mempengaruhi kenyamanan, kualitas kerja serta produktifitas dalam bekerja.

Prosedur umum yang digunakan dalam melakukan perhitungan besarnya pemakaian daya listrik untuk sistem pencahayaan buatan dalam rangka penghematan energi diantaranya sebagai berikut :

- Tentukan tingkat pencahayaan rata-rata (lux) sesuai dengan fungsi ruangan.
- Tentukan sumber cahaya (jenis lampu) yang paling efisien sesuai dengan penggunaan termasuk renderasi warnanya.
- Tentukan armature yang efisien
- Tentukan tata letak armature dan pemilihan jenis, beban, dan warna permukaan ruangan (dinding, lantai, dan langit-langit)
- Hitung fluks lumen dan jumlah lampu yang diperlukan.
- Tentukan jenis pencahayaan, merata atau setempat.

Hitung jumlah daya yang terpasang dan melakukan pemeriksaan apakah daya yang terpasang per meter persegi tidak melebihi angka maksimum daya yang telah di tentukan pada SNI 03-6575-2001.

1. Faktor-faktor Refleksi

Faktor relaksi dari warna dinding (rw) seerta faktor refleksi dari langit-langit (rp) yang masing-masing mempengaruhi bagian yang dipantulkan dari fluks cahaya yang kemudian diterima oleh dinding serta langit-langit yang jatuh pada objek benda kerja. Pengaruh dinding dan langit-langit pada sistem penerangan langsung jauh lebih kecil daripada pengaruhnya pada sistem-sistem penerangan lain, karena cahaya yang jatuh pada dinding dan langit-langit hanya Sebagian dari fluks cahaya. Faktor relasi berdasarkan warna dinding dan langit-langit ditunjukkan (Dermawan 2017), pada tabel 2.5 berikut :

Tabel 2. Faktor Refleksi

Warna	Faktor Refleksi
Putih	0,7
Terang	0,5
Muda	0,3
Gelap	0,1

(Sumber : Dermawan 2017)

2. Indeks Ruangan

Indeks ruangan atau indeks bentuk menyatakan perbandingan antara ukuran-ukuran utama suatu ruangan berbentuk bujur sangkar (Dermawan 2017). Yang dirumuskan sebagai berikut :

$$k = \frac{p \times l}{h (p \times l)} \tag{5}$$

Dimana :

P = Panjang Ruangan (Meter)

l = Lebar Ruangan (Meter)

h = Jarak/tinggi armature terhadap bidang kerja (Meter)

3. Faktor Penyusutan/Depresiasi (kd)

Untuk memperoleh efisiensi penerangan dalam keadaan dipakai, nilai efisiensi yang didapatkan dari tabel harus dikalikan dengan faktor penyusutan. Faktor penyusutan ini dibagi menjadi tiga golongan utama, yaitu :

1. Pengotoran ringan (daerah yang hampir tidak berdebu)
2. Pengotoran sedang/biasa
3. Pengotoran berat (daerah banyak debu)

Bila tingkat pengotoran tidak diketahui, maka faktor depresi yang digunakan yaitu 0,8 (Muhaimin,2001).

4. Efisiensi Penerangan

Dalam menentukan nilai efisiensi penerangan diperlukan nilai-nilai indeks ruangan (k), faktor refleksi dinding (rp), faktor langit-langit (rw) dan faktor refleksi lantai (rm) bisa didapatkan dari tabel efisien penerangan.

5. Faktor Utility

Cara menentukan faktor utility bisa di lihat dari tabel efisiensi penerangan dengan mencari nilai indeks ruangan (k), jika nilai (k) tidak ditemukan dalam tabel efisiensi penerangan, maka dapat diperoleh dengan metode interpolasi yaitu :

$$kp = kp_1 + \frac{k-k_1}{k_2-k_1} (kp_2 - kp_1) \tag{6}$$

Dimana :

kp = Faktor utility yang akan ditentukan

kp_1 = Faktor utility batas bawah

kp_2 = Faktor utility batas atas

k = Indeks ruangan yang akan ditentukan

k_1 = Indeks ruangan batas bawah

k_2 = Indeks ruangan batas atas

6. Jumlah Lampu

Dalam menentukan jumlah lampu dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$n = \frac{E \times A}{\emptyset \times kp \times kd} \tag{7}$$

Dimana :

n = Jumlah lampu(buah)

E = Intensitas penerangan (lux)

\emptyset = Flux cahaya (lumen)

A = Satuan Luas Ruang (m²)

Kp = Faktor utility

Kd = Faktor depresiasi (bila tingkat pengotoran tidak diketahui maka ditentukan nilai Kd yaitu 0,8 menurut jurnal Andriyan dan Winarso 2021)

2.6. Sistem Pengkondisian Udara

Sistem tata udara merupakan suatu proses mendinginkan atau memanaskan udara, sehingga dapat mencapai suhu serta kelembaban yang diinginkan dan juga dapat mengatur aliran udara di dalam ruangan serta menjaga kebersihan ruangan. Salah satu yang berlaku untuk menentukan standar kualitas kenyamanan thermal yang telah diatur dalam SNI 03-6572-2001 tentang tata cara merancang sistem ventilasi dan pengkondisian udara dalam bangunan gedung. Ukuran ruangan sangat berpengaruh terhadap pemilihan daya AC (*Air Conditioning*) untuk suatu ruangan sesuai dengan yang dibutuhkan oleh tubuh. Berikut adalah tabel untuk menentukan kebutuhan AC sesuai dengan luas ruangan.

Tabel 3. Kebutuhan Sistem pengkondisian udara

No	Luas (m ²)	Energi (BTU/Jam)
1	9 s/d 13,50	± 5.000
2	13,50 s/d 22,50	± 6.000
3	22,50 s/d 27	± 7.000
4	27 s/d 31,50	± 8.000
5	31,50 s/d 36	± 9.000
6	36 s/d 40,50	± 10.000
7	40,50 s/d 49,50	± 12.000
8	49,50 s/d 63	± 14.000
9	63 s/d 90	± 18.000

(Sumber : SNI 03-6572-2001 Tata cara merancang sistem ventilasi dan pengkondisian udara dalam bangunan gedung).

Tabel 4. Kapasitas AC (PK)

No	BTU/Jam	Ukuran AC
1	5.000	½ PK
2	7.000	¾ PK
3	9.000	1 PK
4	12.000	1 ½ PK
5	18.000	2 PK

(Sumber : SNI 03-6572-2001 Tata cara merancang sistem ventilasi dan pengkondisian udara dalam bangunan gedung)

Dari hasil perhitungan persamaan (2.13) di atas, untuk mengetahui beberapa besaran PK yang dibutuhkan pada AC untuk ruangan tercantum pada tabel 3 dan 4, maka selanjutnya adalah menentukan kebutuhan kapasitas AC sebagai berikut (Freitas 2017):

$$PK = \frac{\text{Kebutuhan AC}}{\text{Kapasitas AC (PK)}} \quad (8)$$

2.7 Pehitungan Biaya Konsumsi Energi

Biaya konsumsi energi di suatu obyek pengamatan bisa dilihat dari bukti pembayaran tagihan listrik setiap bulan, tetapi validasi dari besaran yang kita bayarkan bisa dilakukan dengan melakukan perhitungan sederhana. Jika jumlah energi yang dikonsumsi sudah diketahui maka besaran biaya yang dikeluarkan sama dengan perkalian total energi dikali dengan harga standar per kwh. Seperti rumus di bawah ini

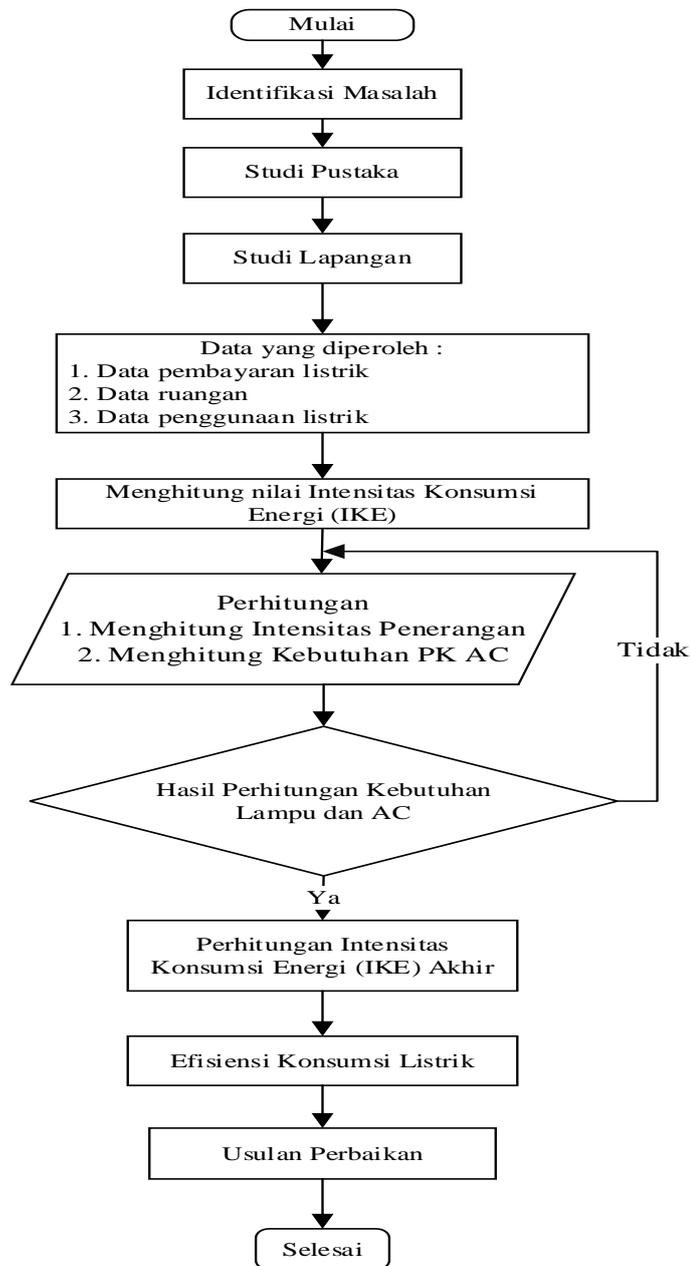
$$\text{Biaya Energi} = \text{Total Konsumsi Energi (kWh)} \times \text{Harga Energi per kWh (Rp)} \quad (9)$$

Harga energi per kWh setiap negara berbeda-beda, untuk indonesia standar dikeluarkan oleh kementerian ESDM melalui Perusahaan Listrik Negara (PLN). Harga energi listrik per kWh untuk bangunan gedung pendidikan saat ini adalah Rp. 1,444.7,-

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam memecahkan permasalahan adalah dengan melakukan Audit Rinci pada setiap lokasi pengguna energi yang ada di gedung 4 kampus 1 Universitas Banten Jaya, untuk melihat aliran proses penelitian bisa dibantu dengan menggunakan Diagram Alir Penelitian seperti terlihat pada gambar 1 di bawah ini. Adapun langkah-langkah melakukan audit rinci adalah sebagai berikut:

1. Petakan area pengguna energi yang akan di amati
2. Koleksi data peralatan yang menggunakan energi
3. Amati waktu konsumsi energi oleh peralatan secara terus menerus
4. Kenali titik titik pemborosan energi
5. Kumpulkan data pembayaran pemakaian energi listrik
6. Lakukan pengukuran pada peralatan yang terindikasi pemakaian energinya signifikan
7. Lakukan perhitungan konsumsi energi sesuai kondisi aktual dilokasi
8. Hitung total biaya energi yang dikeluarkan dan bandingkan dengan struk bayaran yang ada.
9. Jika hasil perbandingan terdapat selisih yang tinggi >10%, maka perlu dilakukan pengamatan dan perhitungan ulang (toleransi perhitungan)
10. Jika selisih $\leq 10\%$ maka dilanjutkan dengan menganalisa kelayakan penggunaan peralatan baik jenis peralatan yang digunakan ataupun lama waktu penggunaannya.
11. Buat laporan hasil audit rinci



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. ANALISIS DATA dan PEMBAHASAN

4.1. Pengolahan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung dan melakukan pengukuran pada gedung utama kampus 1 yaitu gedung 4, dengan alat bantu dan panduan dari pembimbing lapangan. Data yang di ambil secara *real* dari hasil pengukuran secara langsung.

4.2. Data Penggunaan Listrik pada Gedung 4

Berikut adalah tabel serta diagram pareto konsumsi energi listrik pada gedung 4 Universitas Banten Jaya:

Tabel 5. Konsumsi energi listrik pada gedung 4

No	Jenis Beban	Konsumsi Energi (kWh)	% Frekuensi	% Kumulatif
1	AC	193,6	71,80%	71,80%
2	Komputer	45,4	16,84%	88,64%
3	Lampu	22,235	8,25%	96,89%
4	Kulkas	2,4	0,89%	97,78%
5	Dispenser	2,38	0,88%	98,66%
6	Layar Pengawas	0,84	0,31%	98,97%
7	Printer	0,624	0,23%	99,20%
8	Infokus	0,6	0,22%	99,42%
9	Penghitung Uang	0,6	0,22%	99,65%
10	Eksos	0,344	0,13%	99,77%
11	Telefon	0,384	0,14%	99,92%
12	Jet Pump	0,225	0,08%	100,00%
13	Kipas	0	0,00%	100,00%
Total		269,50	100,00%	

(Sumber : Hasil penelitian 2022)

Dapat dilihat pada tabel di atas pemakaian alat yang banyak mengkonsumsi energi listrik (*Significant Energy Usesd*) adalah AC yaitu sebesar 71,80%/hari , kedua komputer sebesar 16.84% , dan yang ketiga adalah lampu penerangan sebesar 8.25%. peralatan sisanya katagori konsumsi energi kecil atau kurang signifikan.

4.3. Intensitas Konsumsi Energi

Besarnya Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Gedung 4 dapat dihitung dengan persamaan (4) sebagai berikut ;

$$\begin{aligned}
 IKE &= \frac{\sum kWh}{L} \\
 &= \frac{9.893,43}{939} \\
 &= 10,54 \text{ kWh}/m^2/\text{Bulan}
 \end{aligned}$$

Tabel 6. Pemakaian Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Gedung 4

No	Bulan	Luas (m ²)	kWh	IKE	Ket
1	Februari 2022	939	9.893,43	10,54	Efisien
2	Maret 2022	939	5.295,91	5,64	Sangat Efisien
3	April 2022	939	6.943,03	7,39	Efisien
Rata-Rata			7.377,46	7,86	Efisien

Dari Perhitungan di atas, nilai IKE gedung 4 pada rata-rata 3 bulan periode bulan Februari 2022 s/d April 2022 sebesar 7,86 kWh/m²/Bulan. Ketentuan tersebut

berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No. 13 tahun 2012 tentang Penghematan Pemakaian Tenaga Listrik pada tabel (1).

4.4. Perhitungan Jumlah Lampu

Untuk mengetahui kebutuhan dari intensitas pencahayaan pada ruangan-ruangan yang terdapat pada gedung 4 dari perhitungan kebutuhan intensitas pencahayaan dibandingkan kembali dengan ketentuan SNI 03-6575-2001 tentang tata cara perancangan intensitas pencahayaan buatan pada bangunan gedung.

a) Indeks Ruangan

Menggunakan persamaan (5) indeks ruangan ditentukan :

Dimana diketahui :

P = Panjang Ruangan (Meter)

l = Lebar Ruangan (Meter)

h = Jarak/tinggi armature (Meter)

Maka :

$$k = \frac{p \times l}{h(p + l)}$$

$$k = \frac{(8 \times 8)}{3,07(8 + 8)}$$

$$k = \frac{64}{3,07(16)}$$

$$k = \frac{64}{49,12} = 1,30$$

b) Faktor refleksi :

Yang mengacu pada tabel (2) faktor refleksi :

Faktor refleksi dinding (rp) : 0,7

Faktor refleksi langit-langit (rw) : 0,5

Bidang Pengukuran (rm) : 0,1

c) Efisiensi penerangan :

Dari hasil perhitungan ruangan dan ketentuan faktor refleksi dari 59istema penerangan secara langsung. Yang mengacu pada gambar 2.2 efisiensi penerangan, maka didapatkan efisiensi penerangan sebagai berikut :

$k_1 = 1,2$ $kp_1 = 0,56$

$k_2 = 1,5$ $kp_2 = 0,62$

Dari perhitungan persamaan (6) diketahui indeks ruangan sebesar 1,30 maka diperoleh hasil 1,30 berada diantara 1,2 dan 1,5 maka hal tersebut berarti faktor utility batas bawah sebesar 0,56 dan batas atas sebesar 0,62.

d) Faktor utility (kp)

Dengan menggunakan persamaan interpolasi maka faktor utility menggunakan persamaan (6) sebagai berikut :

Dimana diketahui :

kp_1 = Faktor utility batas bawah : 1,2

kp_2 = Faktor utility batas atas : 1,5

k = Indeks ruangan yang akan ditentukan : 1,30

k_1 = Indeks ruangan batas bawah : 0,56

k_2 = Indeks tuangan batas atas: 0,62

maka :

$$kp = kp_1 + \frac{k - k_1}{k_2 - k_1} (kp_2 - kp_1)$$

$$kp = 0,56 + \frac{1,30 - 1,2}{1,5 - 1,2} (0,62 - 0,56)$$

$$kp = 0,56 + \frac{0,1}{0,3} (0,06)$$

$$kp = 0,56 + 0,33 (0,06)$$

$$kp = 0,58$$

e) Jumlah Lampu

Untuk menentukan jumlah kebutuhan lampu untuk ruangan PMB lama dapat digunakan persamaan (7) sebagai berikut :

Dimana diketahui :

$E = 100 \text{ lux}$

$\emptyset = \text{LED } 1 \times 10 \text{ Watt sama dengan } 1020 \text{ Lumen}$

$A = (8 \times 8) = 64 \text{ m}^2$

$Kp = \text{Faktor utility}$

$Kd = \text{Faktor depresiasi (bila tingkat pengotoran tidak diketahui maka ditentukan nilai } Kd \text{ yaitu } 0,8 \text{ menurut jurnal Dermawan 2017)}$

Maka :

$$n = \frac{E \times A}{\emptyset \times kp \times kd}$$

$$n = \frac{100 \times 64}{1020 \times 0,57 \times 0,8}$$

$$n = \frac{6400}{465,12}$$

$n = 13,7 \approx 14 \text{ buah lampu}$

Tabel 7. Hasil Perhitungan Kebutuhan Lampu pada Gedung 4

No	Ruangan	Sebelum		Sesudah		Selisih
		Jenis Lampu	Jumlah Lampu (Buah)	Jenis Lampu	Jumlah Lampu (Buah)	
A	Lantai 1					
1	Ruangan PMB Lama	Flourences 10 watt	5	LED 1 x 10 Watt	14	9
2	Ruangan Sekertariat PMB	LED 1 x 5 Watt	8	LED 1 x 10 Watt	8	0
3	Ruangan 1	LED 1 x 45 Watt	1	LED 1 x 20 Watt	1	0
4	Ruangan 2	Flourences 1 x 45 Watt	1	LED 1 x 20 Watt	1	0
5	Ruangan PMB Baru	LED 1 x 9 Watt	19	LED 1 x 9 Watt	13	-6
6	Ruangan 3	LED 1 x 50 Watt	1	LED 1 x 20 Watt	1	0
7	Ruangan Insfirasi	LED 1 x 50 Watt	1	LED 1 x 20 Watt	1	0
8	Ruangan Peduli	Flourances 1 x 50 Watt	1	LED 1 x 20 Watt	1	0

No	Ruangan	Sebelum		Sesudah		Selisih
		Jenis Lampu	Jumlah Lampu (Buah)	Jenis Lampu	Jumlah Lampu (Buah)	
9	Ruangan Fakultas	Flourances 1 x 45 Watt	2	LED 1 x 30 Watt	2	0
10	Ruangan Dosen	Flourances 1 x 35 Watt	2	LED 1x 30 Watt	2	0
11	Lab. SIMBI	Flourences 1 x 30 Watt	5	LED 1 x 45 Watt	3	-2
12	Ruangan Server	Flourences 1 x 45 Watt	1	LED 1 x 30 Watt	1	0
13	Ruangan 4	Flourences 1 x 10 Watt	1	LED 1 x 20 Watt	1	0
14	Ruangan Prodi Teknik	Flourences 1 x 45 Watt	5	LED 1 x 30 Watt	3	-2
15	Ruangan Dekan	LED 1 x 32 Watt	1	LED 1 x 20 Watt	1	0
16	Ruangan Keuangan	Flourences 1 x 14 Watt	2	LED 1 x 20 Watt	2	0
17	Mushola	LED 1 x 15 Watt	1	LED 1 x 30 Watt	1	0
18	Toilet	LED 1 x 15 Watt	4	LED 1 x 5 Watt	5	1
19	R. Satfras	LED 1 x 5 Watt	1	LED 1 x 30 Watt	1	0
20	R. Inkubator bisnis	LED 1 x 18 Watt	1	LED 1 x 30 Watt	1	0
21	Area Parkir Mobil Dosen	LED 1 x 20 Watt	4	LED 1 x 20 Watt	3	-1
22	Ruangan CS	LED 1 x 50 Watt	1	LED 1 x 20 Watt	1	0
B	Lantai 2					
1	Ruangan Rektorat	Flourences 2 x 36 Watt	4	TL LED 2 x 36 Watt	2	-2
2	Ruangan Rektor UBJ	Flourences 2 x 36 Watt	2	TL LED 2 x 36 Watt	2	0
3	R. 4.2.1	Flourences 2 x 18 Watt	3	TL LED 2 x 18 Watt	4	1
4	R.4.2.2	Flourences 2 x 18 Watt	7	TL LED 2 x 18 Watt	6	-1
5	R.4.2.3	Flourences 2 x 18 Watt	6	TL LED 2 x 18 Watt	6	0
6	R.4.2.4	Flourences 2 x 18 Watt	3	TL LED 2 x 18 Watt	4	1
7	R.4.2.5	Flourences 2 x 18 Watt	4	TL LED 2 x 18 Watt	6	2
8	R.4.2.6	Flourences	5	TL LED	4	-1

No	Ruangan	Sebelum		Sesudah		Selisih
		Jenis Lampu	Jumlah Lampu (Buah)	Jenis Lampu	Jumlah Lampu (Buah)	
		2 x 18 Watt		2 x 18 Watt		
9	R.4.2.7	Flourences 2 x 18 Watt	6	TL LED 2 x 18 Watt	4	-2
10	Lab. SIPO	Flourences 2 x 18 Watt	4	LED 1 x 30 Watt	4	0
11	Ruangan 4	Flourences 2 x 18 Watt	2	LED 1 x 45 Watt	2	0
C	Lantai 3					
1	R.4.3.1	Flourences 2 x 18 Watt	6	TL LED 2 x 18 Watt	6	0
2	R.4.3.2	Flourences 2 x 18 Watt	6	TL LED 2 x 18 Watt	4	-2
3	R.4.3.3	Flourences 2 x 18 Watt	4	TL LED 2 x 18 Watt	6	2
4	R.4.3.4	Flourences 2 x 18 Watt	3	TL LED 2 x 18 Watt	4	1
5	R.4.3.5	Flourences 2 x 18 Watt	3	TL LED 2 x 18 Watt	4	1
6	R.4.3.6	Flourences 2 x 18 Watt	3	TL LED 2 x 18 Watt	4	1
7	R.4.3.7	Flourences 2 x 18 Watt	3	TL LED 2 x 18 Watt	4	1
8	R.4.3.8	Flourences 2 x 18 Watt	5	TL LED 2 x 18 Watt	4	-1
9	R.4.3.9	Flourences 2 x 18 Watt	5	TL LED 2 x 18 Watt	4	-1
10	R.4.3.10	Flourences 2 x 18 Watt	5	TL LED 2 x 18 Watt	4	-1
11	R.4.3.11	Flourences 2 x 18 Watt	6	TL LED 2 x 18 Watt	6	0
Total		163			155	-8

Dari hasil perhitungan jumlah kebutuhan lampu pada ruangan-ruangan yang ada pada gedung 4 di atas. Selisih dari jumlah kebutuhan lampu dan jumlah lampu yang terpasang dengan perhitungan jumlah lampu yang dibutuhkan. Kelebihan jumlah lampu pada perancangan terhadap perhitungan jumlah lampu yang dibutuhkan, dapat menjadi rekomendasi dalam kegiatan hemat energi pada gedung 4 dengan memasang jumlah

lampu yang sesuai perhitungan kebutuhan penerangan, disarankan untuk melakukan perbaikan kualitas penerangan pada ruangan-ruangan yaitu dengan mengganti lampu TL dengan lampu LED yang lebih hemat, lampu LED juga memancarkan intensitas cahaya (lumen) yang lebih besar dibandingkan dengan lampu TL.

4.5. Kebutuhan Sistem Pengkondisian udara AC pada Setiap Ruangan

Dalam menghitung kebutuhan sistem pengkondisian udara (AC) dapat menggunakan persamaan (8). Dari hasil pendataan beban pada sistem pendingin, maka dapat diketahui kapasitas dari pendingin yang terpasang pada setiap ruangan. Contoh perhitungan kapasitas AC yang dilakukan di gedung 4 diruangan PMB Lama sebagai berikut :

Diketahui :

Kebutuhan AC : 18.000 BTU/Jam

Kapasitas AC : 9.000 BTU/Jam = 1 PK

Maka :

$$PK = \frac{\text{Kebutuhan AC}}{\text{Kapastan AC}}$$

$$PK = \frac{18.000}{9.000} = 2 PK$$

Untuk kebutuhan AC, dilihat dari luas ruangan, untuk ruangan PMB lama luas ruangan yaitu sebesar 64 m². mengacu pada tabel 2.8 kebutuhan kapasitas AC ruangan PMB lama sebesar 18.000 BTU/ Jam, kapasitas AC tabel 2.9 dengan BTU 18.000 adalah sebesar 2 PK. Jadi, untuk kebutuhan kapasitas AC pada ruangan PMB lama adalah sebesar 2 PK.

Tabel 8. Perhitungan kebutuhan PK AC gedung 4

No	Ruangan	Dimensi			Jumlah AC terpasang (PK)	Perhitungan Kebutuhan Kapasitas AC (PK)	Selisih
		P	L	m ²			
A	Lantai 1						
1	Ruangan PMB Lama	8	8	64	2	2	0
2	Ruangan Sekertariat PMB	4	8	32	1	1	0
3	Ruangan 1	4	4	16	1	1	0
4	Ruangan 2	4	4	16	-	-	-
5	Ruangan PMB Baru	4	10	40	2	1	-1
6	Ruangan 3	4	3	12	-	-	-
7	Ruangan Insfirasi	4	3	12	-	-	-
8	Ruangan Peduli	4	3	12	1	1	0
9	Ruangan Fakultas	8	4	32	1	1	0
10	Ruangan Dosen	8	4	32	1	1	0
11	Lab. SIMBI	8	4	32	1	1	0
12	Ruangan Server	4	4	16	2	2	-1
13	Ruangan 4	4	4	16	-	-	-
14	Ruangan Prodi Teknik	8	4,5	36	2	1	-1
15	Ruangan Dekan	4	3,5	14	1	1	0
16	Ruangan Keuangan	8	4	32	2	1	-1
17	Mushola	3	5	15	-	-	-
18	Toilet	3	6	18	-	-	-
19	R. Satfras	4	5	20	1	1	0

No	Ruangan	Dimensi			Jumlah AC terpasang (PK)	Perhitungan Kebutuhan Kapasitas AC (PK)	Selisih
		P	L	m ²			
20	R. Inkubator bisnis	4	5	20	1	1	0
21	Area Parkir Mobil Dosen	6	24	144	-	-	-
22	Ruangan CS	4	4	16	-	-	-
B Lantai 2							
1	Ruangan Rektorat	4	6	24	2	1	-1
2	Ruangan Rektor UBJ	4	6	24	1	1	0
3	R. 4.2.1	8	4	32	1	1	0
4	R.4.2.2	8	8	64	2	2	0
5	R.4.2.3	8	8	64	2	2	0
6	R.4.2.4	8	4	32	1	1	0
7	R.4.2.5	8	8	64	2	2	0
8	R.4.2.6	8	4	32	1	1	0
9	R.4.2.7	8	4	32	1	1	0
10	Lab. SIPO	8	8	64	2	2	0
11	Ruangan 5	9	5	45	1	1	0
C Lantai 3							
1	R.4.3.1	8	8	64	2	2	0
2	R.4.3.2	8	4	32	-	1	1
3	R.4.3.3	8	8	64	2	2	0
4	R.4.3.4	8	4	32	1	1	0
5	R.4.3.5	8	4	32	1	1	0
6	R.4.3.6	8	4	32	1	1	0
7	R.4.3.7	8	4	32	1	1	0
8	R.4.3.8	8	4	32	2	1	-1
9	R.4.3.9	8	4	32	2	1	-1
10	R.4.3.10	8	4	32	1	1	0
11	R.4.3.11	8	13,5	108	2	2	0
Total					50	45	-5

Hasil perhitungan pada tabel 8 di atas kebutuhan kapasitas AC maka didapatkan total kapasitas AC untuk gedung 4 yaitu 45 PK AC. Dengan demikian dapat mengurangi jumlah pemakaian AC sebesar 5 PK. Pemilihan AC DAIKIN di rekomendasikan sebagai upaya penghematan energi pada gedung 4 dikarenakan konsumsi energi yang digunakan lebih hemat dengan BTU/jam yang sama seperti pada AC merek lain.

4.6. Efisiensi Energi

Adapun perhitungan efisiensi konsumsi listrik dengan persamaan (3) sebagai berikut :

Diketahui :

P1 = 215,84 kWh Sebelum Penghematan

P2 = 150,03 kWh Setelah penghematan

Maka :

$$Efisiensi (\%) = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{215,84 - 150,03}{215,84} \times 100\% \\
 &= \frac{65,81}{215,84} \times 100\% \\
 &= 0,304 \approx 30,4\% \text{ per hari}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan efisiensi di atas, didapatkan nilai efisiensi dari hasil usulan pernghematan energi untuk penerangan dan kapasitas AC, didapatkan nilai efisiensi dari penghematan yang dilakukan adalah sebesar 30,4% per hari dari nilai energi listrik awal.

4.7 Biaya Konsumsi Energi

Berdasarkan data besarnya konsumsi energi di atas sebesar 215,84 kWh identik dengan biaya listrik yang dikeluarkan sebesar $215,84 \times 1.444,7 = \text{Rp. } 311.824,-$ per hari atau sebesar Rp. 9.354.721,- setiap bulanya (asumsi 30 hari per bulan).hal ini menunjukkan besarnya biaya energi listrik untuk kampus 1 Universitas Banten Jaya.

Adapun biaya energi berdasarakan konsumsi energi listrik yang diusulkan yaitu 150,03 kWh maka besarnya biaya menjadi $150,03 \times 1.444,7 = \text{Rp. } 216.748,-$ per hari atau sebesar Rp. 6.502.450,- per bulan. Jadi terdapat penghematan pengeluaran biaya energi sebesar Rp. 2.852.271,- setiap bulannya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- Berdasarkan dari data yang dikumpulkan dengan cara melakukan observasi mengumpulkan serta mendata penggunaan alat elektronik pada setiap ruangan pada kWh meter gedung 4, konsumsi energi listrik yang digunakan dalam pemakaian satu hari sebesar 269,50 kWh/Hari.
- Dari Perhitungan di atas, nilai IKE gedung 4 pada rata-rata dalam 3 bulan yaitu Februari 2022 s/d April 2022 sebesar 7,86 kWh/m²/Bulan. Ketentuan tersebut berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No. 13 tahun 2012 tentang Penghematan Pemakaian Tenaga Listrik.
- Sesuai dengan perhitungan kebutuhan lampu dan AC pada gedung 4, lampu yang dibutuhkan untuk penerangan sebanyak 155 buah lampu dan AC yang dibutuhkan untuk pengkondisian kapasitas udara AC gedung 4 sebanyak 45 PK.
- Dari hasil perhitungan efisiensi di atas, didapatkan nilai efisiensi dari hasil usulan pernghematan energi untuk penerangan dan kapasitas AC, didapatkan nilai efisiensi dari penghematan yang dilakukan adalah sebesar 30,4% per hari dari nilai energi listrik awal.
- Berdasarkan perhitungan biaya energi setiap bulanya akan mendapatkan penghematan sebesar Rp. 2.852.271,- setiap bulannya jika penggantian dan pengendalian beberapa peralatan dilakukan sesuai usulan dalam penelitian ini.

5.2. Saran

- Menyediakan remote AC pada setiap ruangan kelas.
- Membuat stiker bertuliskan “Matikan AC dan Lampu jika ruangan sudah tidak dipakai”.
- Mengganti lampu dan AC dengan daya yang lebih hemat.
- Memberikan jadwal untuk CS (Cleaning Service) untuk melakukan control pada setiap ruangan.
- Gunakan pencahayaan dan udara alami dari jendela pada waktu pagi hari sampai sore hari.
- Melakukan perawatan dan pembersihan AC.

- g) Penelitian selanjutnya untuk menggunakan alat bantu tang amper, untuk memastikan tidak ada kebocoran pada kWh di gedung 4 Universitas Banten Jaya.
- h) Penelitian selanjutnya bisa dilakukan pada saat kondisi normal untuk menghitung jam running ruangan pada gedung 4, yaitu pada saat semua ruangan digunakan untuk operasional kampus.

DAFTAR PUSTAKA

- Adevale, Adeyinka Ajao et al. 2018. "Energy audit and optimal power supply for a commercial building in Nigeria." *Cogent Engineering* 5(1): 1–18.
<https://doi.org/10.1080/23311916.2018.1546658>.
- Alen Gonzales Sirait, M.Sc , Ir. Bonar Sirait, dan M.T , Fitriah S.T. 2021. "Penerangan Berbasis Sistem Pakar."
- Andriyan, Ramadan Carles, dan Winarso Winarso. 2021. "Perancangan Kebutuhan Daya dan Instalasi Listrik Pada Gedung Askrido Bogor." *Jurnal Riset Rekayasa Elektro* 3(1).
<http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE/article/view/9671>.
ISSN :2685-5313 DOI : 10.30595/jrre.v3i1.9671
- Banten Jaya Universitas. 2020. "Pedoman Penyusunan / Penulisan Tugas Akhir / Skripsi." *Pedoman Penyusunan Tugas Akhir Fak. Teknik Universitas Banten Jaya* (0624).
- Bernardo, Hermanto, dan Filipe Oliveira. 2018. "Estimation of energy savings potential in higher education buildings supported by energy performance benchmarking: A case study." *Environments - MDPI* 5(8): 1–14.
- "British thermal unit." 2007. *Encyclopedic Dictionary of Polymers*: 129–129.
- Dermawan, Putra Arif. 2017. "Studi Evaluasi Perencanaan Instalasi Penerangan Hotel Neo By Aston Pontianak." *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura* 2(1).
<https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/21514>.
- Djamaludin, Fikri, Vecky C, Poekoel, dan Meita Rumbayan. 2018. "Audit Energi Gedung Rektorat Universitas Sam Ratulangi Manado." *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* 7(4): 277–84. ISSN : 2301-8402
- Freitas, Horacio Bras. 2017. "Studi Kelayakan Intensitas Pencahayaan Dan Suhu Ruang Di Gedung C Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya."
- Ghadi, Yazed Yasin, dan Ali M. Baniyounes. 2018. "Energy audit and analysis of an institutional building under subtropical climate." *International Journal of Electrical and Computer Engineering* 8(2): 845–52.
- Gunawan, Wawan. 2018. "Mengurangi Konsumsi Energi Dengan Audit dan Manajemen Energi pada Ruang Kendali (Studi Kasus di PT PWI)." *Journal Industrial Servicess* 4(1).
<http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jiss/article/view/4099>. ISSN : 2461-0623 DOI : 10.36055/jiss.v4i1.4099
- Gunawan, Wawan dan Gunawan, Bambang . 2021. *Manajemen Energi*. Serang: CV. AA.RIZKY.
- Ilyas Achmad Syaripudin, Ir. Bonar Sirait, M.Sc. "Umum Di Kota Sintang." *Rancang Bngun Penataan Lampu Penerangan Jalan Umum* (2): 1–8.
- Lamba, Manoj Kumar, dan Abhishek Sanghi. 2015. "Energy Audit on Academic Building." *International Journal of Engineering Research and General Science* 3(4): 600–604.
www.ijergs.org.
- Masnur, M. (2021). 2021. "Aplikasi Sistem Pengendali Energi Listrik Menggunakan Ds18B." 1(2): 103–6. EISSN : 2775-412X
- Shintawaty, Letifa, dan Gunawan Harry.

2021. "Manajemen Audit Energi Listrik pada Gedung Serbaguna." 9: 1–91. p-ISSN : 2303-212X e-ISSN : 2503-5398
- Soewono, Arka Dwinanda, dan Marten Darmawan. 2021. "Energy Audit for Air Conditioning System of Office Building in Jakarta." 16(6): 487–90.
- Somadi, Somadi, Benowo Seto Priambodo, dan Putu Rimyanthi Okarini. 2020. "Evaluasi Kerusakan Barang dalam Proses Pengiriman dengan Menggunakan Metode Seven Tools." *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya* 6(1): 1–11. p-ISSN : 2407-781X e-ISSN : 2655-2655
- Standar Nasional Indonesia, Badan Standarisasi Nasional. 2001. "SNI 03-6575-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung." *SNI 03-6575-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung*: 1–32.
- Suyatno, Yana MK, Sairun. 2017. "Studi awal auditenergi." : 267–76. ISSN :1410-6086
- Tanod, Ardy Willyanto, Ir Hans Tumaliang, dan Lily S Patras. 2015. "Konservasi Energi Listrik di Hotel Santika Palu." *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* 4(4): 46–56. ISSN : 2301-8402
- Umanailo, A. M., Rumbayan, M., & Poekoel, V. C. 2018. "Audit Energi Di Kantor Walikota Manado, Sulawesi Utara." *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* 7(2): 113–22. ISSN : 2301-8402
- Wardhani, Dyah Utari Yusa. 2018. "Perancangan Kebutuhan Daya Listrik Pada Gedung Buisness School Palembang." *How languages are learned* 11(1): 475–82. <https://www.cairn.info/revue-etudes-2003-11-page-475.htm>.
- Widarma, I Gede Suputra, dan I Nengah Sunaya. 2019. "Perbandingan instalasi penerangan terhadap konsumsi daya di area line maintenance bandara." *TEKNO* 29(1): 1. <http://journal2.um.ac.id/index.php/teknokno/article/view/9034>. ISSN : 1693-8739