

Audit dan Analisis Penghematan Energi Sistem Tata Cahaya Gedung E dan F (Studi Kasus di Politeknik Negeri Cilacap)

Fadhillah Hazrina¹, Vicky Prasetia², Afrizal Abdi Musyafiq³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Cilacap
fadhillahazrina@pnc.ac.id, vickyprasetia@gmail.com, afrizal.abdi.m@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this study was to conduct a review of energy audits in the lighting systems of building E and F of the Cilacap State Polytechnic. The results of the calculation of energy audits in lighting can be used as a guideline to make efficiency in the use of electrical energy. The initial step taken in this study was to look for primary and secondary data. Primary data is obtained by making direct measurements in all building rooms E and F. Secondary data obtained from relevant agencies such as the Cilacap State Polytechnic building data; energy demand data from the Energy and Mineral Resources (ESDM) Office; and data on electricity consumption from the National Electricity Company (PLN). The data is then processed to obtain the value of Energy Use Intensity (IKE) and can also be used as a guide for carrying out measures in energy efficiency. Based on the calculation and processing of the data obtained, the energy consumption of buildings E and F is 3,259.82 kWh/month and 3,650.96 kWh/month. The results of the energy audit calculations performed on the building lighting systems E and F with a building area of 287 m² and 399 m² have a building IKE value of 11.37 kWh/ m²/month and 9.16 kWh/m²/month. Based on the IKE criteria index, it was found that building E and F of the State Polytechnic of Cilacap were included in the criteria of efficiency.

Keywords : energy audit, building, efficiency energy, criteria of efficiency, lighting system

INTISARI

Penelitian tentang sistem pencahayaan gedung E dan F Politeknik Negeri Cilacap (PNC) sudah dilakukan dengan mendapatkan data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari pengukuran langsung seluruh ruangan gedung E dan F. Data sekunder didapatkan dari instansi terkait seperti data gedung PNC; data kebutuhan energi dari Dinas Energi Sumber Daya dan Mineral (ESDM); dan data konsumsi energi listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Hasil dari perhitungan audit energi pada pencahayaan tersebut dapat digunakan sebagai pedoman untuk melakukan efisiensi dalam penggunaan energi listrik. Data-data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dan juga dapat digunakan sebagai pedoman untuk melakukan langkah-langkah dalam efisiensi energi. Berdasarkan perhitungan dan pengolahan data yang didapatkan bahwa konsumsi energi gedung E dan F sebesar 3.259,82 kWh/bulan dan 3.650,96 kWh/bulan. Hasil perhitungan audit energi yang dilakukan pada sistem pencahayaan gedung E dan F dengan luas bangunan 287 m² dan 399 m² mempunyai nilai IKE gedung sebesar 11,37 kWh/m²/bulan dan 9,16 kWh/m²/bulan. Berdasarkan indeks kriteria IKE dihasilkan bahwa gedung E dan F Politeknik Negeri Cilacap termasuk dalam kriteria efisien.

Kata kunci: audit energi, bangunan, efisiensi energi, kriteria efisiensi, sistem pencahayaan

I. PENDAHULUAN

Efisiensi energi adalah rasio antara output energi dengan total input energi. Rasio ini selalu terkait dengan situasi tertentu (musim, waktu, hasil akhir yang diinginkan, dan sebagainya). Upaya yang dapat dilakukan untuk mengetahui tingkat

efisiensi energi suatu bangunan yaitu melalui proses audit energi pada sebuah bangunan. Audit energi diperlukan untuk mengetahui besarnya kebutuhan energi listrik yang digunakan sebuah gedung. Pada proses audit diperlukan sebuah inovasi agar perhitungan energi listrik dapat

diketahui dengan cepat dan dapat menghemat biaya. Inovasi tersebut dapat diterapkan dengan merancang sebuah perangkat lunak yang bersifat *maintainable, dependable, dan useable*^[1]. Pemerintah Indonesia telah mengeluarkan Peraturan Presiden No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional yang mengamanatkan melakukan kegiatan konservasi energi khususnya bidang hemat energi dengan program menerapkan manajemen dan audit energi dari sisi pengguna energi (*Demand Site Management*). Prosedur standar audit energi pada bangunan gedung juga telah diatur dengan diterbitkannya SNI 03-6196-2000.

Audit energi salah satu metode manajemen energi yang digunakan untuk melakukan efisiensi energi. Analisa kualitatif dari audit energi pada bangunan dilakukan dengancara pengukuran dan survei penggunaan energi. Efisiensi energi, tingkat konsumsi, harga energi, dan dampak lingkungan dari bangunan dapat dilakukan audit, pengawasan, dan evaluasi. Hasil dari audit energi salah-satunya rekomendasi untuk melakukan efisiensi energi^[2]. Bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia setiap tahunnya berbanding lurus dengan jumlah aktivitasnya juga. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya peningkatan jumlah peralatan elektronika yang semakin banyak jenisnya. Penggunaan peralatan elektronika juga berbanding lurus dengan jumlah energi listrik yang dibutuhkan^[3].

Peningkatan kebutuhan energi listrik berbanding lurus dengan jumlah biaya yang harus dikeluarkan untuk membayarnya. Semakin besar kebutuhan listrik yang digunakan, maka semakin besar pula biaya yang harus dikeluarkan untuk membayarnya. Biaya yang besar tentu mempengaruhi segala jenis operasional lainnya. Solusi dari permasalahan tersebut maka perlu dilakukan adanya manajemen energi^[4]. Manajemen energi merupakan bentuk pendekatan sistematis dan terpadu untuk melaksanakan pemanfaatan sumber daya energi secara efektif, efisien, dan rasional tanpa mengurangi kuantitas maupun kualitas fungsi utama gedung^[5].

Proses audit energi yang dilakukan pada penelitian ini mengidentifikasi rugi-rugi dan pemborosan energi pada gedung E dan F di Politeknik Negeri Cilacap dengan melakukan investigasi konsumsi energi pada penggunaan AC, peralatan listrik, dan sistem pencahayaan^[6]. Penelitian yang sudah dilakukan disuatu bangunan sekolah di portugal dengan menganalisis profil penggunaan energi, intensitas kosnumsi energi, dan peluang penghematan energi yang dapat diimplementasikan pada bangunan tersebut^[7].

Pada dasarnya kegiatan audit energi pada bangunan gedung E dan F di Politeknik Negeri Cilacap dilakukan untuk mengetahui profil penggunaan energi dan peluang penghematan energi sistem pencahayaan pada bangunan gedung untuk meningkatkan efisiensi energi gedung tersebut, sehingga penggunaan energi khususnya pada sistem pencahayaan dapat lebih terkontrol.

Gedung E dan F merupakan salah satu gedung di Politeknik Negeri Cilacap yang memiliki peluang untuk ditinjau pemakaian energinya untuk system pencahayaan. Semakin tinggi aktivitas akademik, maka akan semakin tinggi tuntutan fasilitas yang diberikan di gedung E dan F Politeknik Negeri Cilacap. Konsumsi energi yang terus meningkat serta kebutuhan dalam efisiensi konsumsi energi yang sepadan menunjukkan bahwa gedung E dan F Politeknik Negeri Cilacap memerlukan adanya proses perhitungan konsumsi energi pada sistem sehingga dapat dilakukannya peluang penghematan energi namun tetap memperhatikan kenyamanan bagi penggunanya.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Menentukan nilai IKE gedung E dan F Politeknik Negeri Cilacap.
2. Menentukan kategori bangunan untuk gedung E dan F sesuai dengan standar IKE.
3. Menentukan analisa peluang penghematan energi pada sistem tata cahaya di gedung E dan F Politeknik Negeri Cilacap.

II. LANDASAN TEORI

A. Audit Energi Bangunan

Audit energi secara sederhana dapat didefinisikan sebagai sebuah proses atau teknik yang digunakan untuk menghitung konsumsi energi serta mengevaluasi sebuah bangunan, dan mengidentifikasi peluang untuk melakukan penghematan energi. Selain itu audit energi juga menghasilkan rekomendasi langkah-langkah penghematan energi yang dapat ditindak lanjuti oleh pihak pengelola gedung yang akan dibangun. Pelaksanaan audit energi dapat diklasifikasikan dalam beberapa metode, yang terdiri dari:

1. Survey Energi (*Energy Survey or Walk Through Audit*)

Audit ini dilakukan secara sederhana tanpa perhitungan yang rinci hanya melakukan analisa sederhana. Umumnya fokus dari audit ini adalah pada bidang perawatan dan penghematan yang tidak memerlukan biaya investasi yang besar.

2. Audit Energi Awal (*Preliminary Energy Audit*)

Audit energi awal bertujuan untuk mengukur produktifitas dan efisiensi penggunaan energi dan mengidentifikasi kemungkinan penghematan energi.

3. Audit Energi Rinci (*Detailed Energy Audit or Full Audit*)

Audit energi rinci dilakukan dengan menggunakan alat-alat ukur yang sengaja dipasang pada peralatan untuk mengetahui besarnya konsumsi energi dan biasanya dilakukan oleh lembaga auditor profesional dalam jangka waktu tertentu.

B. Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Suatu bangunan dapat diketahui konsumsi energinya per satuan luas bangunan dengan menghitung Intensitas Konsumsi Energi (IKE). Untuk mengetahui tingkat efisiensi energi dapat

dilakukan dengan membandingkan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) gedung dengan standar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yang telah ditetapkan di Indonesia. Penggunaan energi dapat dihitung jika diketahui:

1. Rincian luas bangunan gedung dan luas total bangunan gedung (m^2).
2. Konsumsi energi bangunan gedung per tahun (kWh/tahun).
3. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) bangunan gedung per tahun ($kWh/m^2/tahun$).
4. Biaya energi bangunan gedung (Rp/kWh).

Salah satu faktor yang perlu mendapat perhatian dalam simulasi energi bangunan adalah sistem tata cahaya. Hal ini disebabkan ketika beroperasi sistem tata cahaya tidak hanya mengonsumsi energi, tetapi juga menghasilkan panas yang akan menambah energi listrik bangunan secara keseluruhan. Bagian sistem tata cahaya yang menghasilkan panas adalah lampu, ini dikarenakan lampu menghasilkan sumber cahaya

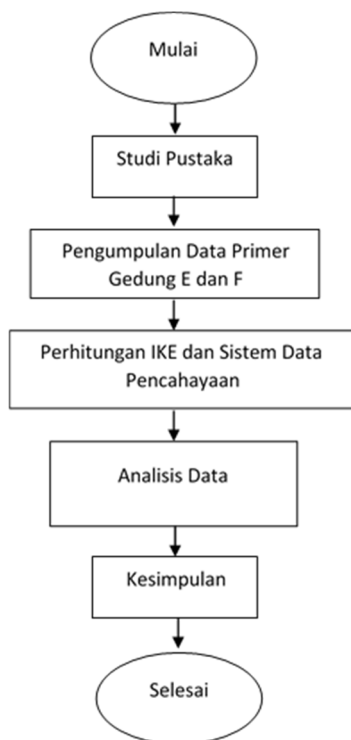
Energi yang dikonsumsi oleh sistem tata cahaya bertransformasi menjadi energi panas dalam tiga bagian yaitu, radiasi gelombang pendek, radiasi gelombang panjang, dan konveksi. Ketiga fraksi tersebut ada yang didistribusikan ke dalam ruangan (*space fraction*), dan ada pula yang didistribusikan ke dalam langit-langit sehingga berinteraksi dengan udara balik sistem tata udara (*plenum/return air fraction*)^[8].

C. Analisa Peluang Hemat Energi

Apabila peluang hemat energi telah diidentifikasi, selanjutnya perlu ditindak lanjuti dengan analisis peluang hemat, yaitu dengan cara membandingkan potensi perolehan hemat energi dengan biaya yang harus dibayar untuk pelaksanaan rencana penghematan energi yang direkomendasikan. Penghematan energi pada bangunan gedung harus tetap memperhatikan kenyamanan penghuni. Analisis peluang hemat energi dilakukan dengan usaha antara lain menekan penggunaan energi hingga sekecil

mungkin (mengurangi daya terpasang atau terpakai dan jam operasi), memperbaiki kinerja peralatan dan menggunakan sumber energi yang murah.

III. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Tata Pelaksana Penelitian

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Audit Energi Listrik Gedung E dan F Politeknik Negeri Cilacap

Observasi dilakukan dengan dimulai dari pendataan inventaris sistem tata cahaya masing – masing kelas di gedung E dan F. Selanjutnya melakukan analisis data sekunder yang didapatkan dari PLN berupa tagihan listrik tiap bulannya selama 2 tahun terakhir. Data tagihan listrik gedung PNC yang didapat terhitung mulai bulan Juli 2017 sampai dengan bulan Juni 2019.

Data sekunder ini digunakan untuk menganalisa total kebutuhan listrik setiap

bulannya di PNC. Berdasarkan data sekunder tersebut bahwa PNC mengalami peningkatan dalam konsumsi energi listrik. Hal tersebut bisa dibuktikan dari meningkatnya jumlah energi listrik yang harus dibuyarkan setiap bulannya. Tabel 2. dan Tabel 3.

Tabel 2. Data Penggunaan Energi Listrik Gedung E dan F dari Juli 2017 samapi Maret 2018

Tagihan	Energi Listrik (kWh)
Juli-2017	5.240
Agustus-2017	5.656
September-2017	5.319
Oktober-2017	5.488
November-2017	5.840
Desember-2017	6.092
Januari-2018	5.240
Februari-2018	5.405
Maret-2018	5.240
April-2018	7.247
Mei-2018	7.653
Juni-2018	6.468

Tabel 3. Data Penggunaan Energi Listrik Gedung E dan F dari Juli 2018 samapi Maret 2019

Tagihan	Energi Listrik (kWh)
Juli-2018	5.240
Agustus-2018	5.240
September-2018	5.240
Oktober-2018	5.818
November-2018	6.888
Desember-2018	7.051
Januari-2019	6.218
Februari-2019	7.022
Maret-2019	6.644
April-2019	7.718
Mei-2019	7.766
Juni-2019	5.240

Berdasarkan uraian pada Tabel 2. dan Tabel 3. menunjukkan bahwa peningkatan jumlah konsumsi energi listrik terjadi karena adanya

peningkatan aktivitas dalam penggunaan peralatan elektronika serta penggunaan sistem pencahayaan. Hal tersebut dibuktikan dari hasil wawancara dengan pengguna Gedung di PNC, sebagian besar adalah dosen dan mahasiswa yang aktivitasnya dalam penggunaan peralatan elektronika terjadi dari pagi sampai larut malam. Persentase peningkatan konsumsi energi listrik di gedung PNC sebesar 3,06% setiap bulannya dalam 2 tahun terakhir. Hal tersebut berbanding lurus dengan peningkatan aktivitas penggunaan gedung PNC dan peningkatan penggunaan peralatan elektronika serta sistem pencahayaan. Berdasarkan hasil wawancara dengan pengguna gedung PNC bahwa sistem pencahayaan di gedung PNC bisa terjadi selama 24 jam.

Semua gedung yang terdapat di PNC mulai dari gedung A sampai gedung F masing – masing memiliki fungsi yang berbeda. Gedung E dan F PNC merupakan gedung yang mempunyai kontribusi besar dalam konsumsi energi listrik. Hal tersebut dibuktikan dari hasil observasi lapangan dan hasil wawancara.

Gedung E dan F Politeknik Negeri Cilacap merupakan gedung yang aktivitasnya berhubungan dengan bidang elektronika, hal tersebut dibuktikan dari hasil observasi lapangan bahwa gedung E dan F terdapat sejumlah laboratorium penunjang kegiatan yang berhubungan dengan bidang elektronika.

Sejumlah ruangan di gedung E dan F Politeknik Negeri Cilacap juga mempunyai fungsi yang berbeda – beda menyesuaikan kebutuhan dosen dan mahasiswa. Sejumlah ruangan di gedung E dan F PNC mempunyai luas berbeda. Hal tersebut bisa dibuktikan dari hasil pengukuran langsung dan observasi lapangan. Berdasarkan fungsi dan luas ruangan gedung E dan F, maka penggunaan sistem pencahayaannya juga berbeda-beda pula. Penggunaan energi listrik untuk sistem pencahayaan pada masing-masing ruangan gedung E dan F juga berbeda. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4. dan Tabel 5.

Tabel 4. Data Hasil Perhitungan Gedung E di Politeknik Negeri Cilacap

Fungsi Ruang	L (m ²)	Okupansi (orang)	Tingkat Pencahayaan (Lux/m ²)	Daya (Watt)	Lama Pakai (jam)
Ruang Kelas A	36,68	25	93	154	8
Ruang Kelas B	36,68	25	159	72	8
Laboratorium Komputer	55,26	25	143	144	8
Ruang Alat	36,68	25	142	72	8
Laboratorium Instrumentasi	55,26	25	111	144	8
Ruang Kelas C	36,68	25	140	72	8
Ruang Radio	14,47	2	111	18	4
Toilet	14,89	2	237	40	12

Berdasarkan Tabel 4. hubungan antara daya dengan lama pakai sistem pencahayaan yang tersedia berbanding lurus dengan konsumsi energi listrik setiap jamnya. Laboratorium komputer dan laboratorium instrumentasi memiliki luas ruangan yang sama sebesar 229,90 m². Daya yang dibutuhkan pada ruangan tersebut masing-masing sebesar 144 watt dengan lama pemakaian 8 jam. Total konsumsi energi listrik sistem pencahayaan pada ruangan tersebut sebesar 20,84 kwh/m². Tiga ruang kelas dan ruang alat memiliki luas ruangan yang sama sebesar 152,62 m².

Daya yang dibutuhkan pada ruangan tersebut masing-masing sebesar 154 watt untuk ruang kelas A dan 72 watt untuk ruang lainnya dengan lama pemakaian 8 jam. Total konsumsi energi listrik sistem pencahayaan pada ruangan tersebut sebesar 33,58 kwh/m² untuk ruang kelas A dan 15,70 kwh/m² untuk ruang kelas lainnya. Daya yang dibutuhkan pada ruang kelas A berbeda dengan ruang kelas B dan C. Hal tersebut dibuktikan dari pengukuran peralatan elektronika yang digunakan juga berbeda. Berdasarkan hasil observasi lapangan ruang kelas A digunakan sebagai ruang kelas teori, sehingga terdapat proyektor untuk proses pengajaran.

Ruang radio dan toilet memiliki luas ruangan masing-masing sebesar 14,47 m² dan 14,89 m².

Daya yang dibutuhkan pada ruangan tersebut masing-masing sebesar 18 watt dan 40 watt dengan lama pemakaian 4 jam dan 12 jam. Total konsumsi energi listrik sistem pencahayaan pada ruangan tersebut sebesar 4,97 wh/m² dan 32,21 kwh/m². Hasil perhitungan daya sistem pencahayaan gedung E berbeda dengan gedung F. Berikut hasil data primer dan hasil perhitungan daya sistem pencahayaan gedung F PNC yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 5. Data Hasil Perhitungan Gedung F di Politeknik Negeri Cilacap

Fungsi Ruang	L (m ²)	Okupansi (orang)	Tingkat Pencahayaan (Lux/m ²)	Daya (watt)	Lama Pakai (jam)
Kantor Pimpinan	21,30	2	100	72	8
Ruang Administrasi	33,37	6	119	72	8
Ruang Kelas A	37,13	25	125	72	8
Laboratorium PLC	54,67	25	123	144	8
Ruang Kelas B	35,88	25	120	72	8
Bengkel Elektro	63,99	25	125	144	8
Laboratorium Pneumatic	21,28	10	168	36	8
Ruang PLP	20,72	2	50	40	8
Toilet	14,44	3	110	51	12
Dapur	14,44	4	105	18	8
Teras	81,40	100	105	18	12

Berdasarkan Tabel 5. untuk ruangan kantor pimpinan; administrasi; dan dua ruang kelas memiliki luas ruangan sebesar 21,30 m²; 33,37 m²; 37,13 m²; dan 35,8 m². Daya yang dibutuhkan pada ruangan tersebut masing-masing sebesar 72 watt dengan lama pemakaian 8 jam. Total konsumsi energi listrik sistem pencahayaan pada ruangan tersebut sebesar 27,04 kwh/m²; 17,26 kwh/m²; 15,51 kwh/m²; dan 16,05 kwh/m². Laboratorium PLC dan bengkel elektro memiliki luas ruangan sebesar 54,67 m² dan 63,99 m². Daya yang

dibutuhkan pada ruangan tersebut sebesar 144 watt dengan lama pemakaian 8 jam.

Total konsumsi energi listrik sistem pencahayaan pada ruangan tersebut sebesar 21,07 kWh/m² dan 18,01 kWh/m². Laboratorium Pneumatik dan ruang PLP memiliki luas ruangan sebesar 21,28 m² dan 20,72 m². Daya yang dibutuhkan pada ruangan tersebut sebesar 36 watt dan 40 watt dengan lama pemakaian 8 jam. Total konsumsi energi listrik sistem pencahayaan pada ruangan tersebut sebesar 13,53 kWh/m² dan 15,44 kWh/m². Toilet; dapur; dan teras memiliki luas ruangan sebesar 14,44 m²; 14,44 m²; dan 81,40 m². Daya yang dibutuhkan pada ruangan tersebut sebesar 51 watt; 18 watt; dan 18 watt dengan lama pemakaian 12jam; 8 jam; dan 12 jam.

Total konsumsi energi listrik sistem pencahayaan pada ruangan tersebut sebesar 42,38 kWh/m²; 9,97 kWh/m²; dan 2,65 kWh/m². Berdasarkan Tabel 4. Penggunaan energi listrik terbesar justru pada toilet, agar lebih efisien lagi dalam penggunaan energi listrik maka sebaiknya daya lampu yang digunakan diperkecil dari daya sebelumnya.

B. Analisis Peluang Penghematan Energi Pada Sistem Tata Cahaya

Intensitas konsumsi energi di gedung E dan F Politeknik Negeri Cilacap tergolong kategori efisien. Namun, masih dapat dilakukan penghematan di berbagai bidang yang konsumsi energinya besar. Penghematan ini tentunya harus tetap memperhatikan sisi kenyamanan bagi pengguna dan pengunjung gedung. Penghematan juga bisa dilakukan agar biaya rekening listrik bisa berkurang. Berikut peluang penghematan yang bisa diterapkan untuk sistem tata cahaya di gedung E dan F.

Potensi penghematan sistem tata cahaya di gedung E dan F Politeknik Negeri Cilacap dapat dilakukan dengan cara mengganti sistem lampu *fluorescent* 23 watt dengan lampu berjenis LED dengan tingkat keterangan yang sama. Lampu LED mempunyai kelebihan lebih hemat energi dan

lebih sedikit menghasilkan panas dibanding dengan jenis lampu lainnya. Lampu jenis LED tidak meradiasikan panas yang berarti penggunaan lampu LED dapat meningkatkan kenyamanan termal.

Dalam tahap ini, potensi penghematan energi yang dapat dilakukan untuk sistem tata cahaya adalah dengan mengganti lampu TL (*Tubular Lamp*) 40 watt dengan lampu *Phillips LED Bulb* 18 watt. Data spesifikasi lampu untuk potensi penghematan ditampilkan pada Tabel 6 untuk lampu *Phillips LED Bulb*.

Tabel 5. Spesifikasi Lampu Phillips LED Bulb

Nama Lampu	Daya (watt)	Luminous Flux (lumen)	Luminous Efficiency (lumen/w)
Phillips LED Bulb	18	2000	111,11

Penggantian lampu ini memiliki keuntungan yang sangat banyak. Selain untuk penghematan energi, penggantian lampu ini juga berpengaruh terhadap lingkungan sekitar.

V. KESIMPULAN

1. Hasil perhitungan IKE pada gedung E PNC didapatkan nilai total konsumsi gedung sebesar 3.259,82 kWh/bulan dengan total luas bangunan sebesar 286,65 m², maka didapatkan IKE gedung E sebesar 11,37 kWh/m²/bulan. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut gedung E termasuk dalam kategori efisien dalam penggunaan energi listrik pada sistem pencahayaan di gedung PNC.
2. Hasil perhitungan IKE pada gedung F PNC didapatkan nilai total konsumsi gedung sebesar 3.650,97 kWh/bulan dengan total luas bangunan sebesar 398,62 m², maka didapatkan IKE gedung E sebesar 9,16 kWh/m²/bulan. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut gedung E termasuk dalam kategori efisien dalam

penggunaan energi listrik pada sistem pencahayaan di gedung PNC.

3. Analisa peluang penghematan energi pada sistem tata cahaya dilakukan dengan mengganti jenis lampu TL 40 Watt dengan Lampu hemat energi jenis *Phillips LED Bulb* 18 watt

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (PPPM) Politeknik Negeri Cilacap dan Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Kementerian Riset Teknologi dan Perguruan Tinggi yang sudah membiayai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sommerville. Ian. (2011). *Software Engineering Ninth Edition*. Pearson Education. Inc.: United States of America.
- [2] Charlier, D. (2015). Energy efficiency investments in the context of split incentives among French households. *Energy Policy* 87, 465–479.
- [3] Mehulkumar, J. P. Ved Vyas, D. Rajendra, A. (2014). The Case study of Energy Conservation & Audit in Industry Sector. *International Journal Of Engineering And Computer Science*, 3 (4), 5298-5303.
- [4] Awanish, K. Shashi, R. Bharath Kuma, S. M. Priyanka, K. Ramesh, L. (2015). Electrical Energy Audit in Residential House. *SMART GRID Technologies*, 21, 625–630.
- [5] Deepak, R. Ranjana, K. Asutosh, K.P. (2013). Electrical Energy Audit (A Case a study of Tobacco Industry). Rishiraj Institute of Technology. Indore India. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*. www.eaas-jour.
- [6] Rafel, P.Z. Julio, C.M.S. Fernadno, S. S. Paulo, S.S. 2018. Energy audit model based

- on a performance evaluation system.
Energy, 154, 544–552
- [7] Lobão, J.A. Devezas, T. Catalão, J.P.S. 2015. Energy efficiency of lighting installations: Software application and experimental validation. *Energy Reports*, 1, 110–115.
- [8] EnergyPlus Input-Output Reference. (2011). Document Technical. University of Illinois, Urbana, Illinois, and Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory: California, Amerika Serikat.
- [9] SNI 6196:2011 tentang Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung
- [10] SNI 6197: 2011 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan
- [11] SNI 6390:2011 tentang Konservasi Energi Sistem Tata Udara Bangunan Gedung