

ANALISA INTENSITAS KONSUMSI ENERGI DAN KUALITAS DAYA LISTRIK DI KAMPUS UNDIP

Chrisna Radityatama^{*)}, Jaka Windarta dan Eko Handoyo

¹Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: chrisnaradityatama@gmail.com

Abstrak

Ketahanan energi nasional memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung pembangunan nasional yang berkelanjutan. Akan tetapi yang sering menjadi permasalahan adalah laju ketersediaan energi yang tidak seimbang dengan laju kebutuhan energi maka dari itu perlu dilakukan efisiensi konsumsi energi, dimana hal ini sejalan dengan Peraturan Pemerintah No. 70/2009 tentang Konservasi Energi. Untuk dapat melakukan hal tersebut, maka perlu dilakukan langkah awal dengan melakukan audit energi, yaitu suatu metode untuk menghitung tingkat konsumsi energi suatu gedung/bangunan. Pada penelitian ini penulis akan melakukan analisis konsumsi energi dan potensi efisiensi energi di Kampus Universitas Diponegoro. Analisis efisiensi energi akan didasarkan pada data konsumsi energi listrik dari tahun 2016-2020, menghitung Intensitas konsumsi energi (IKE), Intensitas Cahaya (LUX) serta Kualitas Daya Listrik. Konsumsi Energi listrik di Kampus Undip mencapai 20.253.418 kwh atau Rp.16.415.550.042 pada tahun 2019. Hasil dari perhitungan Intensitas Cahaya menggunakan standar SNI 6197-2011 dan didapatkan nilai sesuai standar yang bervariasi antara 100-300 Lux dengan standar yang berbeda tiap ruangan. Untuk hasil perhitungan IKE didapatkan hasil kriteria sangat efisien pada Fakultas Psikologi dan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Standar yang digunakan yaitu Departemen Pendidikan Nasional RI Tahun 2006 tentang IKE.

Kata kunci: Konservasi Energi, Intensitas Cahaya, Intensitas konsumsi energi (IKE).

Abstract

National energy security has a very important role in supporting sustainable national development. However, what often becomes a problem is the rate of energy availability that is not balanced with the rate of energy demand, therefore energy consumption efficiency is necessary, which is in line with Government Regulation No. 70/2009 concerning Energy Conservation. To be able to do this, it is necessary to take an initial step by conducting an energy audit, which is a method for calculating the level of energy consumption of a building / building. In this study the authors will analyze the energy consumption and potential energy efficiency at the Diponegoro University Campus. Energy efficiency analysis will be based on electrical energy consumption data from 2016-2020, calculating the Energy Consumption Index (IKE), Light Intensity (LUX) and Electric Power Quality. The consumption of electrical energy at the Undip Campus reaches 20,253,418 kwh or Rp. 16,415,550,042 in 2019. The results of the calculation of Light Intensity use the SNI 6197-2011 standard and obtained values according to standards that vary between 100-300 Lux with different standards for each room . For the IKE calculation results, the criteria for very efficient are obtained at the Faculty of Psychology and the Faculty of Fisheries and Marine Sciences. The standard used is the 2006 Ministry of National Education on IKE.

Keywords: Energy Conservation, Light Intensity, Energy Consumption Index (IKE).

1. Pendahuluan

Ketahanan energi memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung pembangunan nasional yang berkelanjutan. Ketahanan energi sendiri memiliki tiga aspek yaitu: ketersediaan sumber energi, keterjangkauan pasokan energi, dan kelanjutan pengembangan energi baru terbarukan. Untuk mempertahankan ketahanan energi nasional selain giat melakukan pembangunan serta diversifikasi di sisi penyediaan sumber energi, upaya

konservasi energi di sisi pemanfaatan untuk menekan laju penggunaan energi harus dilakukan. Efisiensi energi atau penggunaan energi yang efisien bertujuan untuk mengurangi jumlah energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu produk atau layanan [1].

Pemerintah dalam PP No 70 Tahun 2009 telah mengatur bahwa pengguna sumber energi dan pengguna energi yang menggunakan sumber energi dan/ atau energi lebih dari 6000 TOE (Tonne Oil Equivalent) dalam satu tahun wajib

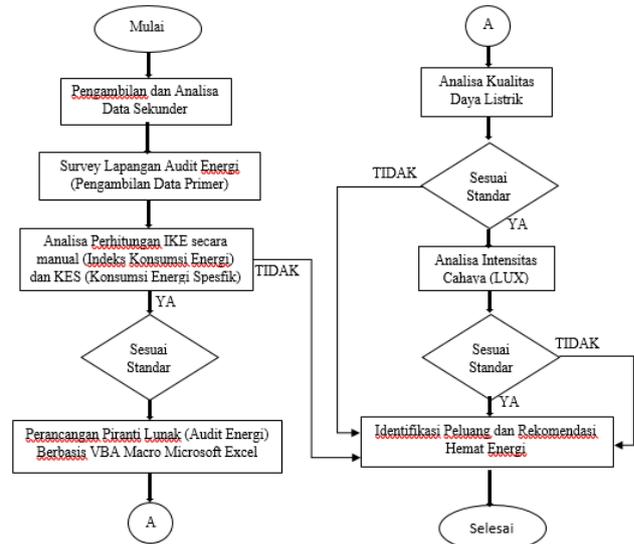
melakukan konservasi energi melalui manajemen energi, selain itu untuk pengguna sumber energi dan/ atau energi di bawah 6.000 TOE (Tonne Oil Equivalent) per tahun wajib menggunakan energi secara hemat dan efisien [2].

Pada penelitian tugas akhir sebelumnya yang dilakukan oleh Wafid Hudaya dan Alif Prasetyo telah dibuat aplikasi audit energi berbasis web. Aplikasi tersebut menggunakan bahasa pemrograman PHP, akan tetapi belum terdapat penyusunan baseline tingkat efisiensi energi yang dinyatakan dalam nilai Intensitas konsumsi energi beserta Peluang Hemat Energi[3]. Pembuatan perangkat lunak untuk studi beban listrik pada suatu gedung telah dilakukan oleh Galuh Prawestri Citra dengan menggunakan Visual Basic 6.0. Perangkat lunak tersebut terkoneksi dengan Microsoft Access sebagai database, di mana perangkat lunak yang dirancang berhasil membaca dan mengolah data yang tersedia[4]. Studi lebih lanjut mengenai analisa beban telah dilakukan oleh Ahmad Taufik Yunanto, di mana studi beban yang dilakukan menghasilkan data mengenai bauran penggunaan energi listrik, profil beban listrik, hingga kualitas daya listrik yang digunakan oleh PT SAI Apparel Semarang[5].

Pada penelitian ini penulis akan melakukan analisis konsumsi energi dan potensi efisiensi energi dengan mengangkat studi kasus pada salah satu kampus di kota Semarang, yaitu Universitas Diponegoro. Pemilihan penelitian dan analisis konservasi energi akan didasarkan pada data konsumsi energi listrik dari tahun 2016-2020 dan data primer survey lapangan dengan (sampel Fakultas Psikologi dan Fakultas Perikanan & Ilmu Kelautan). Analisis intensitas konsumsi energi disesuaikan dengan standar Kementerian Pendidikan Nasional RI Tahun 2006[6]. Standarisasi kualitas daya listrik pada Ketidakseimbangan tegangan dan arus menggunakan standar Permen ESDM No.4 Tahun 2009[7] dan SPLN D5.004-1: 2012 Tentang *Power Quality*[8]. Untuk standarisasi harmonisa tegangan dan arus menggunakan standar IEEE Std. 519-2014[9].

2. Metode

2.1. Langkah Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Pengambilan dan Analisa Data Sekunder

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data sekunder Universitas Diponegoro, Data sekunder yang dikumpulkan adalah sebagai berikut:

1. Data historis konsumsi energi listrik (rupiah dan kWh) Universitas Diponegoro dari tahun 2016 sampai Juli 2020.
2. Data teknis luasan gedung Fakultas Psikologi dan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
3. Data Jumlah Mahasiswa, Karyawan dan Dosen Per Fakultas

Pada tahapan ini data konsumsi energi yang telah didapat dari data sekunder diolah untuk dapat mengetahui konsumsi energi yang digunakan oleh Universitas Diponegoro dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2020 dalam satuan energi listrik (kWh). Selain itu dihitung pula nilai Konsumsi Energi Spesifik dan Intensitas konsumsi energi dari Universitas Diponegoro dalam satuan kWh/m².

2.3. Pengambilan dan Pengolahan Data Primer

Untuk mendapatkan peluang penghematan energi diperlukan pengambilan data lebih lanjut terhadap kondisi pemanfaatan energi listrik di Universitas Diponegoro, maka dari itu diperlukan pengambilan data primer. Pada audit energi ini pengambilan data primer dilakukan dengan pengukuran daya aktual pada peralatan listrik di Kampus Universitas Diponegoro.

Pengambilan data primer dilakukan untuk menguatkan hipotesa awal pada perhitungan data sekunder terkait perhitungan Intensitas konsumsi energi (IKE). Data primer yang dikumpulkan adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan Data Luasan Gedung
2. Pengambilan Data Jumlah Mahasiswa setiap Fakultas
3. Pengambilan Data Total KWh/m² setiap fakultas
4. Data aset tiap gedung (lampu, AC, komputer, printer, mesin foto copy, dll)
5. Pengukuran Intensitas Cahaya (Lux) per ruangan per fakultas/Unit
6. Kualitas Daya Listrik di Sampel Panel SDP

Data primer yang telah didapatkan diolah menjadi data intensitas konsumsi energi (IKE), intensitas cahaya (LUX), konsumsi energi spesifik (KES) dan data kualitas daya listrik.

2.4. Perhitungan IKE (Intensitas konsumsi energi) dan KES (Konsumsi Energi Spesifik)

Pada perhitungan IKE akan menggunakan data total KWh per ruangan dan per gedung dibagi dengan luas area. Hasil keluaran perhitungan berupa keterangan berdasarkan Nilai IKE Standar di Bangunan Gedung Berdasarkan seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai IKE Standar di Bangunan Gedung

Kriteria	Konsumsi Energi Listrik Bulanan (kWh/m ² /Bulan)	
	Gedung Ber-AC	Gedung tidak Ber-AC
Sangat Efisien	4,17 - 7,92	-
Efisien	7,92 - 12,08	0,84 - 1,67
Cukup Efisien	12,08 - 14,58	1,67 - 2,5
Agak Boros	14,58 - 19,17	-
Boros	19,17 - 23,75	2,5 - 3,34
Sangat Boros	23,75 - 37,5	3,34 - 4,17

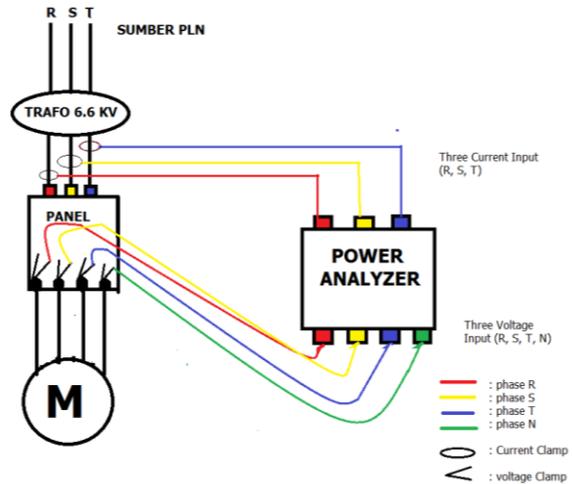
Intensitas Konsumsi Energi (IKE) listrik adalah pembagian antara konsumsi energi listrik pada kurun waktu tertentu dengan satuan luas bangunan Gedung[6]. Sektor-sektor yang dapat dihitung antara lain :

- a. Rincian luas bangunan gedung dan luas total bangunan gedung (m²).
- b. Konsumsi energi bangunan gedung per tahun (kWh/tahun)
- c. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) bangunan gedung per tahun (kWh/m²/tahun).
- d. Biaya energi bangunan gedung (Rp/kWh).

Konsumsi energi spesifik dapat digunakan sebagai *baseline* dalam menentukan tingkat efisiensi energi suatu gedung Perkantoran/lembaga pendidikan. Untuk menghitung Konsumsi Energi Spesifik (KES) industri dapat dilihat pada Persamaan 1. sebagai berikut.

$$Konsumsi\ Energi\ Spesifik = \frac{Konsumsi\ Energi}{Jumlah\ Mahasiswa} \quad (1)$$

2.5. Analisa Kualitas Daya Listrik



Gambar 2. Prosedu Pemasangan alat ukur power quality analyzer pada panel MDP dan SDP

Pada analisa KDL menggunakan alat Power Quality Analyzer (PQA) dan dilakukan pengukuran sampling di Panel SDP. Hasil dari pengukuran menggunakan PQA akan dianalisa dengan parameter sebagai berikut :

1. Faktor Daya
2. Arus *Unbalance*
3. Tegangan *Unbalance*

Dari hasil pengukuran menggunakan Power Quality Analyzer dibandingkan dengan perhitungan manual untuk kemudian dianalisa hasilnya. Perhitungan manual digunakan untuk dijadikan alat bantu validasi hasil pengukuran.

2.6. Analisa Intensitas Cahaya (LUX)

Tabel 2. Standar tingkat pencahayaan (Lembaga Pendidikan dan Perkantoran) SNI 6197 Tahun 2011

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)
Ruang Kuliah	350
Perpustakaan	300
Ruang Dosen	300
Koridor	100
Lobi	350
Laboratorium	500
Ruang Rapat	300
Ruang Kegiatan	300
Kantin/Pantri	200
Ruang Parkir	100
R.Tangga Darurat	150
Ruang Komputer	350
Kamar Mandi	250
Aula	500

Pada analisa satuan intensitas cahaya (LUX) menggunakan alat LUX Meter. Pengukuran dilakukan pada posisi normal (diatas meja kerja) dengan jarak antara alat dan sumber cahaya yang bervariasi. Hasil dari pengukuran akan

dibandingkan dengan standar SNI 6197 Tahun 2011 Tentang Konservasi energi pada sistem pencahayaan[6].

Indeks dari hasil pengukuran terdapat 2 kategori, yaitu Sesuai Standar dan Dibawah Standar yang disesuaikan dengan standar SNI. Rincian nilai Lux Standar ruangan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Analisa Konsumsi Energi

Berikut adalah hasil rekapitulasi konsumsi energi listrik di Kampus Undip pada Tahun 2016-Juli 2020:

Tabel 3. Rekapitulasi Total Biaya Listrik dan KWh Tahun 2016-2020 Seluruh Universitas Diponegoro

No	Tahun	KWh	Total Biaya(Rp)	Persentase Kenaikan
1	2016	-	11.929.715.273	-
2	2017	-	14.181.098.501	18,87%
3	2018	-	14.529.719.483	3,59%
4	2019	20.253.418	16.415.550.042	11,73%
5	s.d Juli 2020	9.237.988	7.846.273.601	-

Pada tabel 3. menunjukkan data total biaya dan kWh dari tahun 2016 sampai tahun 2020. Setiap tahun Kampus UNDIP mengalami kenaikan tagihan rekening listrik. Hal ini diiringi dengan adanya penambahan gedung baru setiap tahunnya.



Gambar 3. Grafik Konsumsi Energi di Kampus Undip Tahun 2016-Juli 2020

Konsumsi Energi Listrik Tahun 2019 sebesar 20.253.418 kWh jika dikonversikan kedalam TOE (*Ton Oil Equivalent*) adalah sebesar 1.704,91 TOE. Nilai ini belum mencapai batas minimum wajib konservasi energi namun dapat jika perlu disarankan melakukan konservasi dan audit energi.

3.2. Hasil Perhitungan Intensitas konsumsi energi (IKE)

Untuk mencari nilai IKE dibutuhkan data luas gedung pada tiap fakultas. Hasil perhitungan IKE per tahun dapat dikonversikan kedalam IKE per bulan dengan menggunakan tabel 1. Berdasarkan Departemen

Pendidikan Nasional RI Tahun 2006 tentang standar nilai IKE per bulan [10] didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Data Perbandingan Nilai IKE Per Bulan dengan Standar IKE Pada Fakultas Psikologi

Tahun	IKE Per Tahun (kWh/m ²)	Rata-rata IKE Per Bulan (kWh/m ²)	Keterangan
2019	54,16	4,51	Sangat Efisien
2020	26,90	3,84	Sangat Efisien

Tabel 5. Data Perbandingan Nilai IKE Per Bulan dengan Standar IKE Pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Tahun	IKE Per Tahun (kWh/m ²)	Rata-rata IKE Per Bulan (kWh/m ²)	Keterangan
2019	47,55	3,96	Sangat Efisien
2020	23,18	3,31	Sangat Efisien

3.3. Hasil Perhitungan Konsumsi Energi Spesifik

Untuk mengetahui perhitungan Konsumsi Energi Spesifik dibutuhkan data jumlah mahasiswa, karyawan dan dosen sebagai berikut:

Tabel 6. Data Jumlah Mahasiswa, Karyawan dan Dosen Fakultas Psikologi Per Tahun 2019-2020

Tahun	Jumlah Mahasiswa, Dosen dan Karyawan	Penggunaan Energi (Rp)
2019	1318	Rp233.966.674
2020	1482	Rp116.648.280

Tabel 7. Data Perhitungan Nilai Konsumsi Energi Spesifik Fakultas Psikologi Tahun 2016-2020

Tahun	Konsumsi Energi Spesifik (Rp/orang)
2019	Rp177.516
2020	Rp78.710

Fakultas Psikologi memiliki gedung baru dengan masa aktif penyambungan listrik baru pada bulan Januari 2019. Jika dilihat dari grafik dan tabel pada tahun 2019 mahasiswa, dosen maupun karyawan membutuhkan Konsumsi Energi sebesar Rp. 177.516 per orang.

$$\%V_{\text{Unbalance}} = 100\% \times \frac{\text{Max. Voltage Deviasi terhadap Average Voltage}}{\text{Average Voltage}}$$

Tabel 8. Data Jumlah Mahasiswa, Karyawan dan Dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Per Tahun 2016-2020

Tahun	Jumlah Mahasiswa, Dosen dan Karyawan	Penggunaan Energi (Rp)
2016	3692	Rp368.969.640
2017	3745	Rp359.834.971
2018	3655	Rp463.352.851
2019	3873	Rp498.633.574
2020	4021	Rp237.123.840

Tabel 9. Data Perhitungan Nilai Konsumsi Energi Spesifik Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Tahun 2016-2020

Tahun	Konsumsi Energi Spesifik (Rp/orang)
2016	Rp99.938
2017	Rp96.084
2018	Rp126.772
2019	Rp128.746
2020	Rp58.971

Jika dilihat dari grafik dan tabel pertahun dari tahun 2016-Juli 2020 mengalami trend kenaikan. Hal ini dikarenakan terdapat penambahan gedung baru seperti Lab.Oceanografi, Aula FPIK dan Lab Marine Science untuk menunjang fasilitas perkuliahan dan penelitian. Konsumsi Energi Spesifik tertinggi terjadi pada tahun 2019 mahasiswa,dosen maupun karyawan membutuhkan konsumsi energi sebesar Rp128.746 per orang.

3.4 Hasil Analisa Kualitas Daya Listrik

Untuk analisa kualitas daya listrik dilakukan perbandingan dengan standar yang berlaku. Terdapat beberapa parameter kualitas daya diantaranya:

- a) Ketidakseimbangan Arus
- b) Ketidakseimbangan Tegangan
- c) Faktor Daya

3.4.1 Ketidakseimbangan Arus

Analisa ketidakseimbangan arus menggunakan standar Permen ESDM No.4 Tahun 2009 [7] dengan standar maksimum 20%. Data ketidakseimbangan arus diambil ketika Fakultas Psikologi pada beban minimum dikarenakan kondisi pembagian shift kerja sesuai protokol kesehatan COVID19 Ketidakseimbangan arus akan dianalisis pada masing-masing panel distribusi dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut:

$$\%Unbalance = 100 \times \frac{\text{Max. Current Deviasi terhadap Average Current}}{\text{Average Current}} \quad (2)$$

Tabel 10. Hasil Perhitungan Ketidakseimbangan Arus

Terminal Ukur	Arus (A)		
	R	S	T
MDP AC	48,2	61,2	53,6
MDP PP & STK	5,13	13,81	8,25
SDP AC LT.1	14,14	3,46	0
SDP PP & STK LT.1	0,93	2,28	0
SDP AC LT.2	0,98	0	0,61
SDP PP & STK LT.2	0,63	0	0
SDP AC LT.3	0	0	12,05
SDP PP & STK LT.3	0,88	2,44	1,93
SDP AC LT.4	0	0	14,78
SDP PP & STK LT.4	0,88	2,44	1,93
SDP AC LT.5	10,46	5,6	0
SDP PP & STK LT.5	0,24	0,6	0
SDP AC LT.6	12	7	0
SDP PP & STK LT.6	0,63	0	0
SDP AC LT.7	4,6	17	22,61
SDP PP & STK LT.7	1,94	4,3	3,99

Tabel 11. Hasil Perhitungan Ketidakseimbangan Arus (Lanjutan)

Terminal Ukur	Ketidakseimbangan Arus Hitung	Keterangan
MDP AC	12,64%	Sesuai Standar
MDP PP & STK	52,37%	Tidak Memenuhi
SDP AC LT.1	60,68%	Tidak Memenuhi
SDP PP & STK LT.1	42,06%	Tidak Memenuhi
SDP AC LT.2	23,27%	Tidak Memenuhi
SDP PP & STK LT.2	0,00%	Sesuai Standar
SDP AC LT.3	0,00%	Sesuai Standar
SDP PP & STK LT.3	39,43%	Tidak Memenuhi
SDP AC LT.4	0,00%	Sesuai Standar
SDP PP & STK LT.4	39,43%	Tidak Memenuhi
SDP AC LT.5	30,26%	Tidak Memenuhi
SDP PP & STK LT.5	42,86%	Tidak Memenuhi
SDP AC LT.6	26,32%	Tidak Memenuhi
SDP PP & STK LT.6	0,00%	Sesuai Standar
SDP AC LT.7	53,43%	Tidak Memenuhi
SDP PP & STK LT.7	26,10%	Tidak Memenuhi

Ketidakseimbangan arus rata-rata pada MDP AC sudah memenuhi standar Permen ESDM No.4 Tahun 2009[7]. Namun apabila diukur di MDP PP & STK dan SDP tiap lantai, terdapat beberapa panel distribusi yang mengalami ketidakseimbangan arus. Hal ini kemungkinan karena tidak semua peralatan konsumsi energi sedang beroperasi serta kegiatan perkuliahan sedang ditiadakan akibat pandemi COVID19. Pemakaian energi terbesar adalah AC, jadi saat beberapa ruangan tidak digunakan dan AC kondisi mati, pasti akan terjadi ketidakseimbangan arus. Namun hal ini perlu diverifikasi kembali sesuai diagram instalasi kelistrikan untuk memastikan pembagian beban fasa listrik di SDP tiap lantai. Ketidakseimbangan arus dapat berpotensi menyebabkan kerusakan pada lilitan motor, kwh meter, dan rugi-rugi pada sistem distribusi.[11].

3.4.2 Ketidakseimbangan Tegangan

Tabel 12. Hasil Perhitungan Ketidakseimbangan Tegangan

Terminal Ukur	Tegangan (V)		
	R-N	S-N	T-N
MDP AC	231	233,3	232,3
MDP PP & STK	231,6	233,6	233,8
SDP AC LT.1	231,1	233	233,2
SDP PP & STK LT.1	232,6	234,4	234,7
SDP AC LT.2	233,3	235,6	235,1
SDP PP & STK LT.2	235,6	237,4	237,2
SDP AC LT.3	234,8	236,9	235,2
SDP PP & STK LT.3	234,7	236,8	236,4
SDP AC LT.4	234,8	236,9	235,2
SDP PP & STK LT.4	231	233,9	233,8
SDP AC LT.5	233,9	236,6	235,6
SDP PP & STK LT.5	235,6	237,4	237,2
SDP AC LT.6	233,9	236,6	235,6
SDP PP & STK LT.6	233,2	233,5	236,5
SDP AC LT.7	234	235,2	233,9
SDP PP & STK LT.7	233,3	234,5	234,4

Analisa ketidakseimbangan tegangan menggunakan standar Permen ESDM No.4 Tahun 2009 [7] dengan standar maksimum 3% Data ketidakseimbangan tegangan

diambil ketika Fakultas Psikologi pada beban minimum dikarenakan kondisi pembagian shift kerja sesuai protokol kesehatan COVID19 Ketidakseimbangan tegangan akan dianalisis pada masing-masing panel distribusi dengan menggunakan Persamaan.

Tabel 13. Hasil Perhitungan Ketidakseimbangan Tegangan (Lanjutan)

Terminal Ukur	Ketidakseimbangan Tegangan		Keterangan
	Hitung	Ukur	
MDP AC	0,47%	0,6	Sesuai Standar
MDP PP & STK	0,34%	0,6	Sesuai Standar
SDP AC LT.1	0,33%	0,5	Sesuai Standar
SDP PP & STK LT.1	0,34%	0,5	Sesuai Standar
SDP AC LT.2	0,40%	0,6	Sesuai Standar
SDP PP & STK LT.2	0,28%	0,4	Sesuai Standar
SDP AC LT.3	0,54%	0,5	Sesuai Standar
SDP PP & STK LT.3	0,35%	0,5	Sesuai Standar
SDP AC LT.4	0,54%	0,5	Sesuai Standar
SDP PP & STK LT.4	0,43%	0,5	Sesuai Standar
SDP AC LT.5	0,52%	0,4	Sesuai Standar
SDP PP & STK LT.5	0,28%	0,4	Sesuai Standar
SDP AC LT.6	0,52%	0,4	Sesuai Standar
SDP PP & STK LT.6	0,90%	0,4	Sesuai Standar
SDP AC LT.7	0,36%	0,3	Sesuai Standar
SDP PP & STK LT.7	0,19%	0,5	Sesuai Standar

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 13, diketahui besar ketidakseimbangan tegangan pada Fakultas Psikologi secara umum, nilai perhitungan dan pengukuran ketidakseimbangan tegangan pada panel distribusi MDP dan SDP di Fakultas Psikologi sudah memenuhi standar.

3.4.3 Faktor Daya

Data faktor daya yang dicatat oleh PQA Meter merupakan faktor daya keseluruhan Fakultas Psikologi, yang terdiri dari panel distribusi utama dan panel sub distribusi peralatan & stk dengan AC. Pengukuran dilakukan pada waktu beban normal jam kerja. Nilai faktor daya pada masing-masing panel distribusi dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14. Data Pengukuran Faktor Daya

Terminal Ukur	Faktor Daya	Keterangan
	Pfsum	
MDP AC	0,961	Sesuai
MDP PP & STK	0,935	Sesuai
SDP AC LT.1	0,99	Sesuai
SDP PP & STK LT.1	0,881	Sesuai
SDP AC LT.2	0,882	Sesuai
SDP PP & STK LT.2	0,922	Sesuai
SDP AC LT.3	0,989	Sesuai
SDP PP & STK LT.3	0,731	Tidak Sesuai
SDP AC LT.4	0,989	Sesuai
SDP PP & STK LT.4	0,732	Tidak Sesuai
SDP AC LT.5	0,925	Sesuai
SDP PP & STK LT.5	0,665	Tidak Sesuai
SDP AC LT.6	0,925	Sesuai
SDP PP & STK LT.6	0,563	Tidak Sesuai
SDP AC LT.7	0,965	Sesuai
SDP PP & STK LT.7	0,884	Sesuai
Total Faktor Daya	0,865	Sesuai

Dari tabel 14. dapat dianalisis nilai faktor daya rata-rata dari ketiga fasa menunjukkan nilai yang variatif. Secara keseluruhan nilai faktor daya rata-rata di seluruh panel distribusi pada Fakultas Psikologi sudah sesuai standar. Pada beberapa sub distribusi panel terdapat nilai faktor daya dibawah standar. Hal ini dikarenakan panel tersebut sebagian besar digunakan untuk peralatan lampu TL Neon yang bersifat induktif dan sangat berpengaruh terhadap turunnya nilai faktor daya. Namun demikian total faktor daya rata-rata pada sistem kelistrikan di Fakultas Psikologi sudah diatas standar yaitu sebesar 0,865.

Berdasarkan regulasi dari Permen ESDM No 07 Tahun 2010 tentang tarif tenaga listrik [12] pada beberapa golongan pelanggan penalti untuk kVARH dikenakan apabila nilai $\cos \theta$ rata-rata setiap bulan berada dibawah 0,85. Faktor daya 0,85 yang dimaksud pada peraturan tersebut adalah apabila faktor daya bernilai negatif (-), apabila faktor daya bernilai (+) maka nilai VARH nya tidak dihitung.

3.5 Hasil Analisa Intensitas Cahaya (Lux)

Pada sistem pencahayaan di gedung Fakultas Psikologi telah dilakukan pengukuran (Lux) di setiap ruangan lantai basement – lantai 7. Pengukuran dilakukan menggunakan alat Digital Lux Meter dengan posisi di meja kerja dengan jarak berkisar 1,5 meter dibawah lampu. Jenis lampu yang digunakan bervariasi seperti TL 36 Watt, TL 18 Watt, CFL, dan LED 12 Watt. Selain itu, pengukuran dilakukan pada jam kerja antara pukul 09.00-16.00 WIB.

Berikut adalah tabel 15. standar SNI 6197 Tahun 2011 tentang tingkatan standar pencahayaan pada gedung perkantoran dan lembaga pendidikan[6]:

Tabel 15. Standar Pencahayaan SNI 6197 Tahun 2011

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)
Ruang Kuliah	350
Perpustakaan	300
Ruang Dosen	300
Koridor	100
Lobi	350
Laboratorium	500
Ruang Rapat	300
Ruang Kegiatan	300
Kantin/Pantri	200
Ruang Parkir	100
R. Tangga Darurat	150
Ruang Komputer	350
Kamar Mandi	250
Aula	500

Berikut data hasil pengukuran menggunakan alat Digital Lux Meter yang dilakukan di seluruh lantai di Gedung Fakultas Psikologi.

Tabel 16. Perbandingan Intensitas Cahaya (Lux) pada Pengukuran dengan Standar SNI Fakultas Psikologi (Lantai Basement dan Lantai 1)

No	Nama Ruangan	Lantai	Intensitas Cahaya (LUX)		Keterangan
			Pengukuran	Standar SNI	
1	Parkiran	Basement	299	300	KURANG
2	Lift Dosen	Basement	245	100	MELEBIHI
3	Lobby basement	Basement	135	200	KURANG
4	Toilet Pria	Basement	106	100	MELEBIHI
5	Toilet Wanita	Basement	88	100	KURANG
6	Aula	1	168	500	KURANG
7	Toilet Pria	1	101	100	MELEBIHI
8	Toilet Wanita	1	109	100	MELEBIHI
9	Kantor Aula	1	120	200	KURANG
10	R.KonselingI	1	436	250	MELEBIHI
11	R.KonselingII	1	429	250	MELEBIHI
12	R.KonselingIII	1	428	250	MELEBIHI
13	R.Psikotes	1	476	250	MELEBIHI
14	R.Pengelola Layanan Japsi	1	455	250	MELEBIHI
15	Lobby Lt1	1	405	350	MELEBIHI
16	Koridor Lt.1	1	188	100	MELEBIHI
17	Toilet Pria	1	109	100	MELEBIHI
18	Toilet Wanita	1	96	100	KURANG
19	R.Panel	1	65	150	KURANG

Tabel 17. Perbandingan Intensitas Cahaya (Lux) pada Pengukuran dengan Standar SNI Fakultas Psikologi (Lantai 2 dan Lantai 3)

No	Nama Ruangan	Lantai	Intensitas Cahaya (LUX)		Keterangan
			Pengukuran	Standar SNI	
1	R.201	2	411	300	MELEBIHI
2	R.202	2	498	300	MELEBIHI
3	R.203	2	493	300	MELEBIHI
4	R.204	2	492	300	MELEBIHI
5	R.205	2	488	300	MELEBIHI
6	R.206	2	402	300	MELEBIHI
7	R.207	2	404	300	MELEBIHI
8	R.208	2	410	300	MELEBIHI
9	R.209	2	400	300	MELEBIHI
10	R.210	2	497	300	MELEBIHI
11	Lobby Lift	2	411	200	MELEBIHI
12	Koridor Lt2	2	197	100	MELEBIHI
13	Toilet Pria	2	101	100	MELEBIHI
14	Toilet Wanita	2	100	100	SESUAI
15	R.Panel	2	63	150	KURANG
16	Lobby Lift	3	197	200	KURANG
17	Lobby Lt3	3	169	200	KURANG
18	Toilet Pria	3	109	100	MELEBIHI
19	Toilet Wanita	3	108	100	MELEBIHI
20	R.Panel	3	71	150	KURANG
21	R.301	3	423	300	MELEBIHI
22	R.302	3	440	300	MELEBIHI
23	R.303	3	432	300	MELEBIHI
24	R.304	3	446	300	MELEBIHI
25	R.305	3	445	300	MELEBIHI
26	R.306	3	419	300	MELEBIHI
27	R.307	3	455	300	MELEBIHI
28	R.308	3	449	300	MELEBIHI
29	R.309	3	432	300	MELEBIHI
30	R.310	3	432	300	MELEBIHI

Tabel 18. Perbandingan Intensitas Cahaya (Lux) pada Pengukuran dengan Standar SNI Fakultas Psikologi (Lantai 4 dan Lantai 5)

No.	Nama Ruangan	Lantai	Intensitas Cahaya (LUX)		Keterangan
			Pengukuran	Standar SNI	
1	Lobby Lift	4	181	200	KURANG
2	Lobby Lt4	4	160	200	KURANG
3	Toilet Pria	4	123	100	MELEBIHI
4	Toilet Wanita	4	119	100	MELEBIHI
5	R.Panel	4	65	150	KURANG
6	R. Lab Terpadu klinis	4	466	250	MELEBIHI
7	R.Baca S1	4	488	300	MELEBIHI
8	R.Kuliah S2	4	490	300	MELEBIHI
9	LabKom	4	445	350	MELEBIHI
10	R.Konsel InterviewI	4	210	250	KURANG
11	R.Konsel Interview III	4	230	250	KURANG
12	R.Kuliah S2 (2)	4	228	250	KURANG
13	R.Konsel InterviewII	4	187	250	KURANG
14	R.Server	4	167	150	MELEBIHI
15	R.Pantri	4	92	100	KURANG
16	Toilet Pria	4	95	100	KURANG
17	Toilet Wanita	4	99	100	KURANG
18	R Koordinator Lab	4	473	350	MELEBIHI

Tabel 19. Perbandingan Intensitas Cahaya (Lux) pada Pengukuran dengan Standar SNI Fakultas Psikologi (Lantai 6 dan Lantai 7)

No.	Nama Ruangan	Lantai	Intensitas Cahaya (LUX)		Keterangan
			Pengukuran	Standar SNI	
1	Lobby Lift	6	182	350	KURANG
2	Koridor Lt6	6	65	100	KURANG
3	Toilet Pria	6	120	100	MELEBIHI
4	Toilet Wanita	6	122	100	MELEBIHI
5	Subbag Kemahasiswaan	6	166	250	KURANG
6	R DosenI	6	172	250	KURANG
7	R DosenII	6	148	250	KURANG
8	R DosenIII	6	157	250	KURANG
9	Pantri	6	118	100	MELEBIHI
10	Toilet Pria	6	109	100	MELEBIHI
11	Toilet Wanita	6	107	100	MELEBIHI
12	Lobby Tengah	7	120	350	KURANG
13	KoridorLt7	7	68	100	KURANG
14	Toilet Pria	7	123	100	MELEBIHI
15	Toilet Wanita	7	119	100	MELEBIHI
16	R.Panel	7	80	100	KURANG
17	X.Ruangan R.Kaprodi	7	339	250	MELEBIHI
18	PSIKOLOGI	7	397	250	MELEBIHI
19	R.Akademik	7	388	250	MELEBIHI
20	R.Kabag TU	7	422	250	MELEBIHI
21	R.WADEK Sumber Daya	7	421	250	MELEBIHI
22	R.Kepegawaian	7	422	250	MELEBIHI
23	R.WADEK Akademik&Korelasi	7	438	250	MELEBIHI
24	R.DEKAN Fakultas	7	405	250	MELEBIHI
25	Subbag UPA	7	376	250	MELEBIHI
26	R.Dekan	7	388	250	MELEBIHI
27	Gudang ATK	7	221	200	MELEBIHI
28	Subbag Kuangan & Kepegawaian	7	285	250	MELEBIHI

Berdasarkan pengukuran aktual intensitas cahaya (Lux) dilakukan pada siang hari dengan kondisi terdapat cahaya luar yang masuk. Dalam perancangan suatu Gedung, pemanfaatan cahaya alami sangat bermanfaat khususnya dalam upaya penghematan sumber cahaya buatan khususnya bangunan-bangunan yang beroperasi pada siang hari. Maka selain potensi cahaya alami tersebut yang harus dipertimbangkan[13].

Pada fakultas psikologi terdapat sirip ventilasi dengan sistem pencahayaan yang baik sehingga secara keseluruhan intensitas cahaya dominan sudah memenuhi standar.

Dari tabel perbandingan intensitas cahaya diatas dapat dilihat bahwa pada beberapa ruangan sudah sesuai dengan SNI. Namun beberapa ruangan lainnya masih dibawah standar, hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya kondisi lampu (mati atau nyala), luas ruangan, warna tembok, lumen dan daya lampu serta pengaruh cahaya dari luar ruangan. Karena hasil pengukuran masih ada yang belum sesuai dengan standar, maka sebaiknya dilakukan perbaikan agar sesuai dengan standar dan lebih menghemat konsumsi energi[15].

4. Kesimpulan

Pada konsumsi energi listrik di Kampus Undip terdapat kenaikan tagihan biaya listrik selama 5 tahun terakhir penambahan fasilitas penunjang dan beberapa Gedung/bangunan baru. Kenaikan tertinggi ada pada tahun 2019 tagihan listrik naik menjadi sebesar Rp.16.415.550.042 atau mengalami kenaikan sekitar 11,49% dengan penambahan rekening gedung baru sebesar 3 unit. Konsumsi Energi Spesifik di Fakultas perikanan dan Ilmu Kelautan dari tahun 2016-Juli 2020 mengalami trend kenaikan. Hal ini dikarenakan terdapat penambahan gedung baru seperti Lab.Oceanografi, Aula FPIK dan Lab Marine Science untuk menunjang fasilitas perkuliahan dan penelitian. Konsumsi Energi Spesifik tertinggi terjadi pada tahun 2019 mahasiswa,dosen maupun karyawan membutuhkan konsumsi energi sebesar Rp128.746 per orang.

Konsumsi Energi Spesifik di Fakultas Psikologi pada tahun 2019 mahasiswa, dosen maupun karyawan membutuhkan Konsumsi Energi sebesar Rp. 177.516 per orang. Intensitas konsumsi energi sudah dalam kriteria sangat efisien dengan nilai IKE pada tahun 2019 pada Fakultas Psikologi sebesar 47,55 kWh/m² dan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan sebesar 54,16 kWh/m².

Analisa Kualitas daya listrik pada parameter ketidakseimbangan arus rata-rata pada MDP AC sudah memenuhi standar Permen ESDM No.4 Tahun 2009 yaitu maksimum 20%.. Namun apabila diukur di MDP PP & STK dan SDP tiap lantai, terdapat beberapa panel distribusi yang mengalami ketidakseimbangan arus. Hal ini

kemungkinan karena tidak semua peralatan konsumsi energi sedang beroperasi serta kegiatan perkuliahan sedang ditiadakan akibat pandemi COVID19.

Ketidakseimbangan tegangan pada Fakultas Psikologi secara umum, nilai perhitungan dan pengukuran ketidakseimbangan tegangan pada panel distribusi MDP dan SDP di Fakultas Psikologi sudah memenuhi standar yaitu dibawah 3%.

Untuk nilai faktor daya rata-rata di Fakultas Psikologi sudah memenuhi minimum standar PLN yaitu 0,865.

Referensi

- [1]. Ministry of Energy and Mineral Resources Indonesia, "Statistik Ketenagalistrikan 2017," Dir. Gen. Electr. Energy Util., 2017.
- [2]. Pemerintah Republik Indonesia. Peraturan Pemerintah Nomor 70 Tahun 2009 Tentang Konservasi Energi. 2009.
- [3]. Windarta Jaka. 2018. Audit Energi Sistem Pencahayaan Pada Gedung Produksi J PT. PHAPROS, TBK. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim
- [4]. Hudaya Wafid. 2019. Analisis Penggunaan Energi Listrik Kampus Undip Tembalang Dengan Menggunakan Perancangan Perangkat Lunak Berbasis Web. Semarang: Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro
- [5]. A. T. Yunanto, Studi Peluang Efisiensi Konsumsi Energi Listrik Di PT SAI Apparel Semarang. 2017.
- [6]. Badan Standarisasi Nasional, SNI 6197 Tahun 2011 tentang Standar Sistem Pencahayaan Pada Gedung. 2011
- [7]. Kementerian ESDM, "Peraturan Menteri ESDM No 04 Tahun 2009" 2009.
- [8]. PT. PLN (Persero). 2012. SPLN D5.004-1: 2012 Tentang Power Quality.
- [9]. IEEE Std. 519-2014, *IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control Power System*, IEEE-SA. Standard Board, Piscataway, USA, 2014.
- [10]. G. P. C. Handani, H. Suyono, and R. N. Hasanah, "Rancang Bangun Perangkat Lunak Audit Energi Listrik Gedung," J. Mhs. TEUB, vol. 1, no. 3, pp. 1–6, 2014.
- [11]. Hildegardis, C. 2013. Audit Performa Energi pada Gedung Laboratorium Komputer dan Kantor Yayasan Pendidikan Tinggi Nusa NIPA. Tesis. Yogyakarta: Program Studi Magister Teknik Arsitektur Universitas Atma Jaya
- [12]. Pemerintah Republik Indonesia. Undang Undang Nomor 30 Tahun 2007 Tentang Energi. 2007.
- [13]. Salpanio, R. Audit Energi Listrik Pada Gedung Kampus UNDIP Pleburan Semarang.Universitas Diponegoro. 2007.
- [14]. Windarta Jaka. Analisis Peluang Penghematan Konsumsi Energi Listrik Melalui Sistem Pencahayaan (Studi Kasus: Pada Gedung Pascasarjana Universitas Diponegoro). 2019.
- [15]. I. Fernaldy, K. Karnoto, and H. Hermawan, "Redesain Sistem Elektrikal Gedung Inspektorat Provinsi Jawa Tengah (Bagian Pencahayaan) dengan menggunakan Dialux Evo", *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol.8 no.1, pp. 48-56, May. 2019. <https://doi.org/10.14710/transient.8.1.9-17>