



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 3 Nomor 6 Tahun 2023 Page 397-408

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Pemantauan dan Asesmen Kualitas Daya pada Gedung Pemerintah Studi Kasus di Gedung PPSDM KEBTKE

M. Awaluddin Alafghani

Pusat Pengembangan SDM Ketenagalistrikan dan EBTKE, Jakarta, Indonesia

Email: m.alafghani@esdm.go.id¹

Abstrak

Penggunaan peralatan listrik modern dengan daya yang rendah telah digunakan secara massal, walaupun dapat menghemat penggunaan energi, tetapi ada masalah lain yang muncul seperti gangguan pada kualitas daya dan distorsi pada tegangan dan arus listrik. Beban non-linear seperti komputer, laptop, lampu LED, printer dan peralatan listrik lainnya yang digunakan di gedung ataupun rumah tangga dapat meningkatkan gangguan dan distorsi pada kualitas daya listrik. Dalam menjaga kualitas daya agar sistem kelistrikan dapat selalu terjaga kehandalannya diperlukan adanya monitoring dan asesmen pada sistem kelistrikan. Parameter kelistrikan yang dipantau dan diases antara lain ketidakseimbangan arus dan tegangan, daya aktif dan reaktif, $\cos \phi$ dan total harmonic distortion. Data dan parameter kelistrikan didapatkan dengan memasang peralatan ukur power quality analyzer pada Gedung PPSDM KEBTKE. Hasil analisis menunjukkan bahwa masih terdapat permasalahan terkait ketidakseimbangan arus dan ketidakseimbangan tegangan pada Gedung Utama dan Gedung Annex.

Kata Kunci: *Daya Listrik, Cos ϕ , Tegangan, Arus*

Abstract

The use of modern electrical equipment with low power has been used widely, although it can save energy usage, but another problems occur such as disturbances in power quality and distortion in voltage and electric current. Non-linear loads such as computers, laptops, LED lights, printers and other electrical equipment used in buildings or households can increase interference and distortion in electrical power quality. In order to maintain power quality so that the electrical system can always maintain its reliability, it is necessary to monitor and assess the electrical system. The electrical parameters monitored and assessed include current and voltage imbalance, active and reactive power, $\cos \varphi$ and total harmonic distortion. Electrical data and parameters were obtained by installing power quality analyzer measuring equipment in the PPSDM KEBTKE Building. Anomali such as unbalanced current and unbalanced voltage were found in Main Building and Annex Building.

Keywords: *Power, Cos φ , Voltage, Current*

PENDAHULUAN

Pada sistem ketenagalistrikan, energi listrik dibangkitkan oleh banyak pembangkit yang ditransmisikan dan didistribusikan ke konsumen secara terus-menerus pada rating frekuensi dan frekuensi tertentu dan arus yang dibutuhkan oleh beban pelanggan. Penggunaan peralatan listrik modern mempunyai pengaruh yang tidak baik terhadap kualitas daya, yang permasalahannya semakin kompleks dan sulit untuk dipecahkan. Penurunan kualitas daya dapat menimbulkan kerugian bagi sistem tenaga listrik ataupun bagi performance dari peralatan listrik .

Konsumsi energi pada sektor komersial yang mencakup gedung dan bangunan mencapai 4 % pada tahun 2022 dengan potensi penghematan energi mencapai 10 – 30 % (Prananto, 2023) yang salah satu upayanya ialah dengan penggunaan peralatan hemat energi. Peralatan hemat energi dan peralatan elektronika daya secara inheren menghasilkan karakteristik listrik non-linier. Perangkat ini disebut sebagai beban non-linier, dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan beban non-linier seperti lampu LED, komputer, televisi, peralatan dengan inverter dll telah meningkat secara signifikan (Ojo, Awodele, dan Sebitosi, 2019).

Beban nonlinier merupakan penyebab utama timbulnya harmonik dalam jaringan distribusi yang mensuplai listrik ke bangunan dan tempat tinggal. Ketika beban nonlinier dan linier dihubungkan ke jaringan yang sama berupa gelombang sinusoidal, total arus akan mengandung harmonisa sehingga akan menimbulkan tegangan harmonik dan mengakibatkan kualitas daya buruk (Ghorbani dan Mokhtari, 2015).

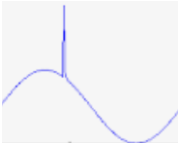
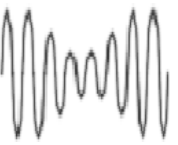
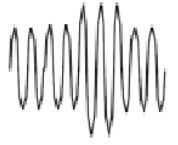
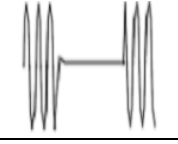
Kualitas Daya menggambarkan bagaimana variasi tegangan atau bentuk gelombang arus dari bentuk normal gelombang sinusoidal. Variasinya berupa besar nilai, sudut dan

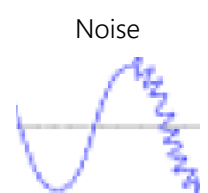
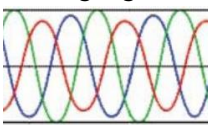
frekuensi tegangan atau arus yang mempengaruhi peralatan atau beban konsumen (Ojo et al., 2019). Kualitas tegangan berkaitan dengan penyimpangan tegangan dari gelombang sinusoidal ideal pada nilai frekuensi konstan dan besaran konstan. Sedangkan kualitas arus berkaitan dengan penyimpangan arus dari gelombang sinusoidal ideal pada frekuensi konstan dan besaran konstan (Jain, 2018).

Parameter yang terukur menggunakan power quality analyzer yang dapat menggambarkan kualitas daya antara lain daya aktif, daya reaktif, $\cos\phi$, arus, tegangan, THD arus, THD tegangan dan energi. Permasalahan yang sering timbul dalam sebuah instalasi listrik dan mempengaruhi kualitas daya antara lain:

Tabel 1. Permasalahan Kualitas Daya

(Ojo et al., 2019)(Jain, 2018)(Khan, Singh, dan Makhija, 2017)(Committee, Power, dan Society, 2009)(Committee, Power, dan Society, 2014)

Bentuk Gelombang	Deskripsi	Penyebab	Dampak
Transient 	Perubahan nilai tegangan yang sangat cepat dengan durasi dari mikrodetik s.d. milidetik. Nilainya bisa mencapai ribuan volt, bahkan pada tegangan rendah.	Petir, switching, pemutusan beban besar	Kerusakan komponen, kerusakan isolasi, kehilangan data
Tegangan Sag 	Penurunan level tegangan antara 10% s.d. 90% dari tegangan RMS nominal pada frekuensi daya, untuk jangka waktu 0,5 siklus hingga 1 menit	• Terjadi fault pada jaringan • Beban besar dan start up motor besar	• Peralatan IT tidak berfungsi • Kontaktor dan relay trip • Motor listrik berkurang efisiensinya
Tegangan Swells 	Peningkatan tegangan sesaat di luar toleransi normal, dengan durasi lebih dari satu siklus dan biasanya kurang dari beberapa detik	Menghidupkan/menghentikan beban besar, pengaturan sumber tegangan dan trafo yang buruk	Kehilangan data, lampu dan layar kedip, kerusakan peralatan sensitif
Interupsi 	Gangguan listrik dengan durasi mulai dari beberapa	• Penormalan jaringan (reclosure proteksi) • kegagalan isolasi, petir dan flashover isolator	• Proteksi trip • Server data mati

Bentuk Gelombang	Deskripsi	Penyebab	Dampak
	milidetik hingga satu atau dua detik		Peralatan sensitif berhenti
Variasi tegangan lama 	Gangguan listrik dengan durasi lebih dari 1 atau 2 detik	Kegagalan peralatan pada jaringan sistem tenaga listrik akibat badai dan benda (pohon, mobil, dll) yang menabrak tiang, kebakaran, kesalahan manusia, kegagalan koordinasi sistem proteksi	Semua peralatan berhenti bekerja
Distorsi Harmonik 	Bentuk gelombang tegangan atau arus berbentuk non-sinusoidal. Jumlah gelombang sama dengan jumlah gelombang sinus, tetapi magnitude berbeda dan fasa yang berbeda, mempunyai frekuensi yang berlipat	Sumber klasik: furnace, mesin las, penyearah, dan motor sikat DC. Sumber modern: beban non-linier, seperti peralatan elektronika daya termasuk ASD, catu daya mode aktif, peralatan pemrosesan data, peralatan efisiensi tinggi	Peningkatan terjadinya resonansi, kelebihan beban netral pada sistem 3-fase, panas berlebih pada semua kabel dan peralatan, hilangnya efisiensi pada mesin listrik, interferensi elektromagnetik pada sistem komunikasi, kesalahan pengukuran saat menggunakan meter pembacaan rata-rata, gangguan tersandung
Noise 	Menumpangkan sinyal frekuensi tinggi pada bentuk gelombang frekuensi sistem tenaga	Interferensi elektromagnetik yang dipicu oleh gelombang mikro, difusi televisi, dan radiasi akibat mesin las, furnace, dan peralatan elektronik. Earthing yang buruk	Gangguan pada peralatan elektronik yang sensitif
Ketidakseimbangan Tegangan 	Variasi tegangan dalam sistem tiga fasa yang besaran tegangannya atau perbedaan sudut fasanya tidak sama	Beban satu fasa yang besar (furnace induksi, beban traksi), distribusi beban yang tidak merata	Sistem yang tidak seimbang sehingga berbahaya bagi beban tiga fasa seperti motor induksi 3

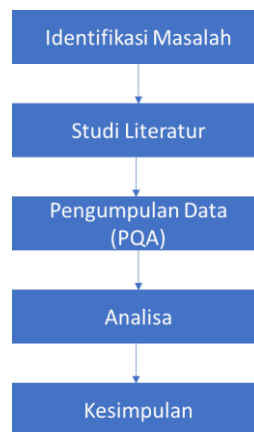
Pemantauan kualitas daya dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik fenomena elektromagnetik pada rangkaian tenaga listrik di lokasi tertentu. Selain itu dapat juga untuk mendiagnosis ketidaksesuaian antara sumber tenaga listrik dan beban. Pemantauan tersebut bertujuan untuk mengevaluasi sistem kelistrikan di Gedung PPSPDM KEBTKE sehingga dapat menyempurnakan teknik pemodelan dan juga mengembangkan data dasar kualitas daya.

Pada kasus lain, pemantauan dapat digunakan untuk memprediksi kinerja peralatan, beban listrik atau sebagai perangkat mitigasi kualitas daya di masa mendatang.(Association, 1995)

Penelitian ini bertujuan untuk memantau parameter-parameter kelistrikan yang mempunyai pengaruh besar terhadap kualitas daya dengan cara melakukan pengukuran pada beberapa lokasi. Hasil pengukuran akan dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui kondisi kualitas daya listrik pada Gedung PPSDM KEBTKE.

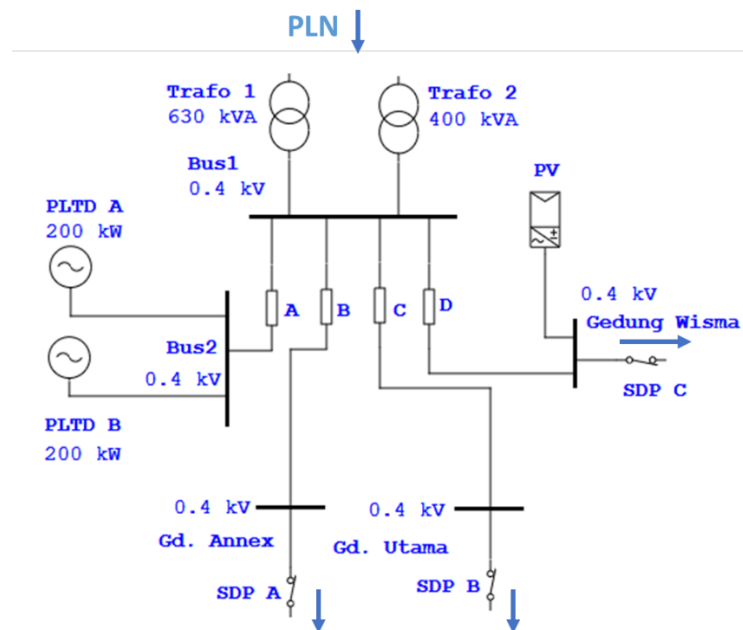
METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan identifikasi permasalahan yang terjadi pada kualitas daya di sistem kelistrikan gedung dengan didukung dengan pembelajaran pada literatur yang memiliki kemiripan dalam pembahasan. Parameter-parameter yang menjadi penyebab penurunan kualitas daya akan dipantau dan diukur pada lokasi yang ditentukan.



Gambar 1. Metode Penelitian

Pemantauan dan Assesmen Kualitas Daya Pada Gedung PPSDM KEBTKE akan dilakukan pada sub distribusi panel (SDP) yang terdapat pada tiga buah lokasi yaitu SDP Gedung Utama, SDP Gedung Annex dan SDP Gedung Wisma. Pada tiga buah lokasi tersebut dipasang peralatan Power Quality Analyzer yang merekam parameter listrik pada periode tertentu sehingga data yang didapatkan dapat memenuhi kebutuhan minimal untuk analisis.



Gambar 2. Lokasi pengukuran

Parameter yang terukur akan diamati, dianalisis dan diolah kemudian dibandingkan dengan kondisi kualitas daya yang diperkenankan sesuai dengan standar yang berlaku. Ketika ditemukan anomali akan dianalisis lebih dalam sehingga ditemukan solusi-solusi perbaikan parameter tersebut.

Kelayakan instalasi terkait dengan besar kecilnya gangguan juga tergantung dari peralatan dan peruntukkan dari tujuan penggunaan beban. Kualitas daya dapat dikatakan layak ketika mereka memenuhi nilai ambang batas yang telah ditetapkan dengan standar sehingga dampak buruk akibat kualitas daya dapat dimitigasi dan tidak terjadi. Beberapa rekomendasi nilai ambang batas yang dapat dijadikan acuan antara lain:

Tabel 2. Rekomendasi threshold setting tegangan 230 V
(Association, 1995; Committee et al., 2009) ,(Karthick, S, Drusila, Nesamalar, dan Chandrasekaran, 2021),(Committee et al., 2014)

Transient	310 Vrms	Dua kali tegangan L-N
Tegangan Sag	218 Vrms	Minus 10% tegangan nominal
Tegangan Swells	253 V rms	Plus 10% tegangan nominal
Frekuensi	$\pm 0,1$ Hz	
Distorsi Harmonik	5% THD	
Noise	1,5 Vrms	
Ketidakseimbangan Tegangan	2 %	

Data hasil pengukuran diolah menggunakan aplikasi PQ one yang akan langsung menghasilkan grafik terkait daya aktif, daya reaktif, $\cos\phi$, arus, tegangan, THD arus, THD

tegangan dan energi. Dalam hal ketidakseimbangan arus dan tegangan tidak tergambar maka hasil data diolah secara manual dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Ketidakseimbangan arus:

$$I_u (\%) = [(I_{\max} - I_{\min}) / I_{\max}] \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

I_u : indeks ketidakseimbangan arus (dalam persen).

$I_{\max}$: nilai arus maksimum di antara tiga fasa (fasa R, S, atau T).

$I_{\min}$: nilai arus minimum di antara tiga fasa.

Ketidak seimbangan Tegangan:

$$V_u (\%) = [(V_{\max} - V_{\min}) / V_{\max}] \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

V_u : indeks ketidakseimbangan tegangan (dalam persen).

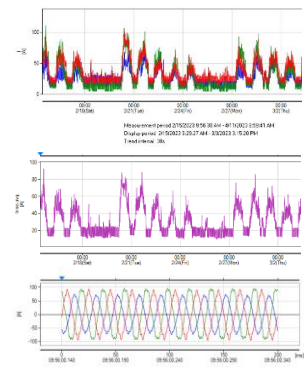
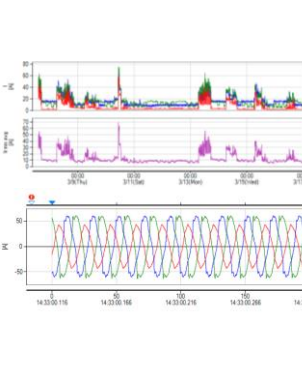
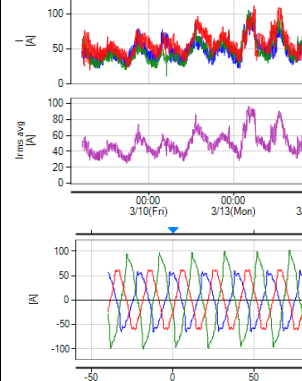
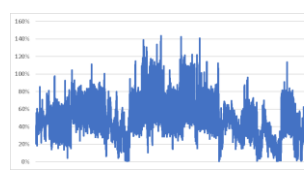
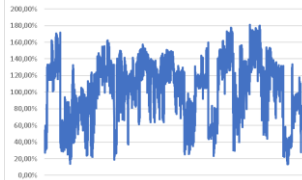
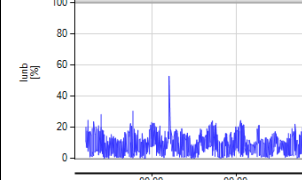
$V_{\max}$: nilai tegangan maksimum di antara tiga fasa (fasa R, S, atau T).

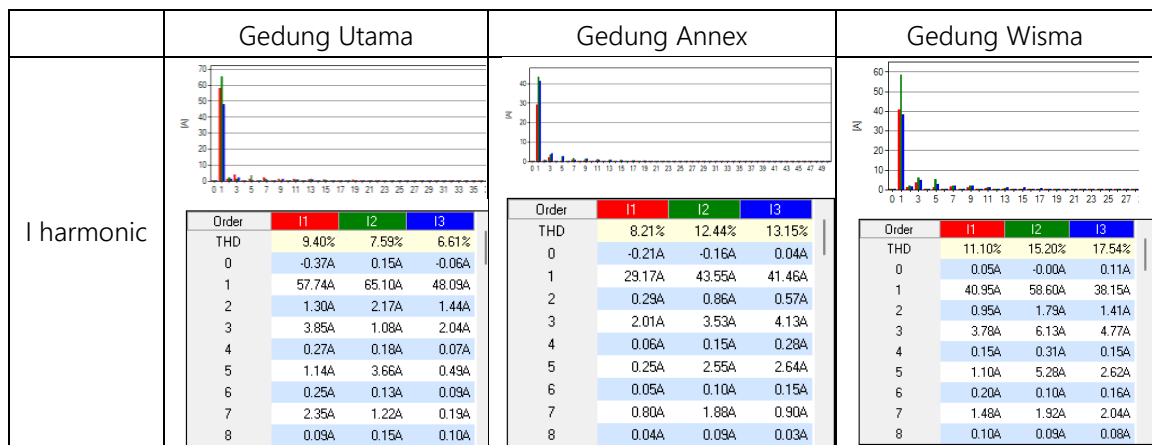
$V_{\min}$: nilai tegangan minimum di antara tiga fasa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran nilai arus listrik pada ketiga panel tersaji pada tabel berikut:

Tabel 3. Hasil Pengukuran Nilai Arus

	Gedung Utama	Gedung Annex	Gedung Wisma
Arus			
Unbalance arus			



Nilai arus bervariasi tergantung dari beban yang digunakan oleh pegawai. Terlihat bahwa nilai arus tertinggi ada digunakan di Gedung utama mengingat aktivitas utama pegawai ada di gedung tersebut dengan arus meningkat ketika jam kerja dan menurun ketika malam dan hari libur. Pada gedung wisma nilai arus cenderung stabil dan hanya naik cukup sedikit ketika hari kerja, hal ini disebabkan tidak ada pelatihan yang memanfaatkan gedung wisma ketika data diambil. Pada gedung annex nilai arus tidak cukup besar dan terlihat ada lonjakan yang cepat dikarenakan penggunaan lift pada gedung tersebut.

Tabel 4 Perbandingan Nilai Arus dengan Standar

Standar		Gedung Utama	Gedung Annex	Gedung Wisma
Arus min/arus max		4,27 – 111,14 A	1,73 – 75,72 A	35,31 - 98,45 A
Unbalance arus	25 % (Systems dan Committee, 1995)	0% - 165%	13,75% - 177,75%	0,31% - 0,88%
THDi	25% (Committee et al., 2014)(Purwadi, Mawardi, Firmansyah, Heryana, dan Nurafiat, 2011)(Blooming, Carolina, dan Carnovale, 2006)	9,40% / 7,59%	8,21% / 12,44%	11,10% / 15,20%
Harmonics		/6,61%	13,15%	/17,54%

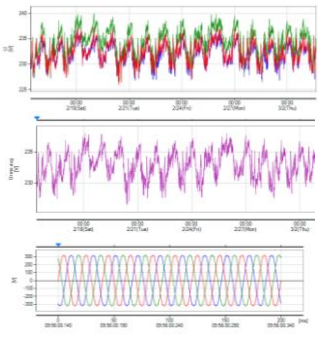
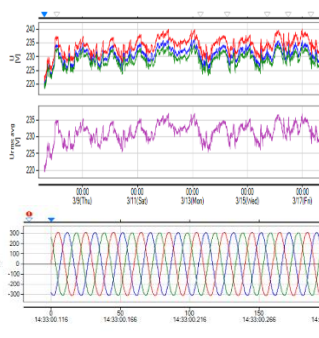
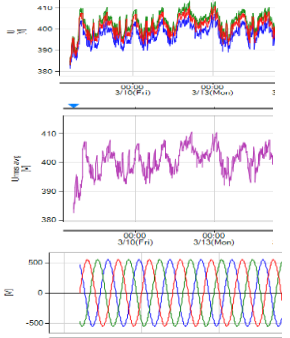
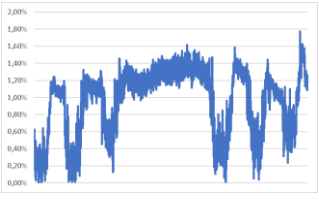
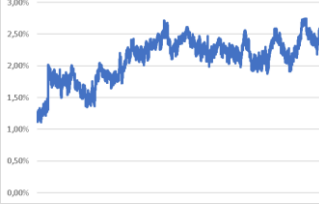
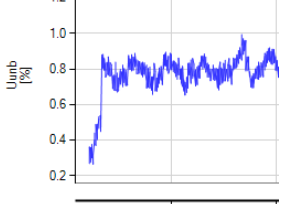
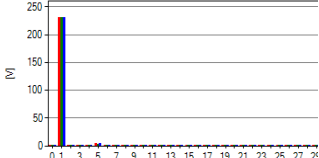
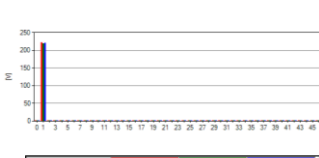
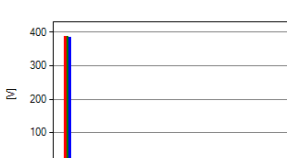
Ketidakseimbangan arus yang melebihi standar terjadi pada gedung utama dan gedung annex yang sangat dominan di seluruh waktu pengambilan data dengan nilai di atas 25%. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya pembagian beban yang tidak seimbang, sehingga diperlukan adanya penyesuaian tata pembagian beban.

Nilai THD arus untuk ketiga gedung masih dalam rentang yang baik dengan nilai di bawah 25%. Gedung utama mempunyai THD arus yang terkecil dengan nilai 9,40% / 7,59% /6,61% diikuti gedung annex dengan nilai 8,21% / 12,44% / 13,15%. Gedung Wisma memiliki THD arus tertinggi dengan nilai 11,10% / 15,20% /17,54%.

Analisis Tegangan

Hasil pengukuran nilai tegangan listrik pada ketiga panel tersaji pada tabel berikut:

Tabel 5. Hasil Pengukuran Nilai Tegangan

	Gedung Utama	Gedung Annex	Gedung Wisma																																																																																																																																				
Tegangan																																																																																																																																							
Unbalance tegangan																																																																																																																																							
THD tegangan	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Order</th> <th>U1</th> <th>U2</th> <th>U3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>THD</td> <td>2.13%</td> <td>1.71%</td> <td>2.23%</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>-0.03V</td> <td>-0.14V</td> <td>-0.21V</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>230.69V</td> <td>231.20V</td> <td>230.53V</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.21V</td> <td>0.26V</td> <td>0.05V</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1.09V</td> <td>0.29V</td> <td>1.42V</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0.07V</td> <td>0.05V</td> <td>0.04V</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>4.53V</td> <td>3.39V</td> <td>4.89V</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>0.08V</td> <td>0.06V</td> <td>0.05V</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>0.19V</td> <td>1.33V</td> <td>0.58V</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>0.04V</td> <td>0.06V</td> <td>0.04V</td> </tr> </tbody> </table>	Order	U1	U2	U3	THD	2.13%	1.71%	2.23%	0	-0.03V	-0.14V	-0.21V	1	230.69V	231.20V	230.53V	2	0.21V	0.26V	0.05V	3	1.09V	0.29V	1.42V	4	0.07V	0.05V	0.04V	5	4.53V	3.39V	4.89V	6	0.08V	0.06V	0.05V	7	0.19V	1.33V	0.58V	8	0.04V	0.06V	0.04V	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Order</th> <th>U1</th> <th>U2</th> <th>U3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>THD</td> <td>1.08%</td> <td>1.24%</td> <td>1.16%</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>-0.03V</td> <td>-0.13V</td> <td>-0.06V</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>221.60V</td> <td>219.05V</td> <td>219.67V</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.04V</td> <td>0.03V</td> <td>0.09V</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.11V</td> <td>1.02V</td> <td>0.46V</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0.05V</td> <td>0.04V</td> <td>0.03V</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1.83V</td> <td>1.81V</td> <td>1.38V</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>0.03V</td> <td>0.03V</td> <td>0.04V</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>0.91V</td> <td>0.78V</td> <td>1.19V</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>0.02V</td> <td>0.03V</td> <td>0.03V</td> </tr> </tbody> </table>	Order	U1	U2	U3	THD	1.08%	1.24%	1.16%	0	-0.03V	-0.13V	-0.06V	1	221.60V	219.05V	219.67V	2	0.04V	0.03V	0.09V	3	0.11V	1.02V	0.46V	4	0.05V	0.04V	0.03V	5	1.83V	1.81V	1.38V	6	0.03V	0.03V	0.04V	7	0.91V	0.78V	1.19V	8	0.02V	0.03V	0.03V	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Order</th> <th>U1</th> <th>U2</th> <th>U3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>THD</td> <td>1.07%</td> <td>1.05%</td> <td>1.05%</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0.12V</td> <td>-0.01V</td> <td>0.10V</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>385.82V</td> <td>386.06V</td> <td>384.27V</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.12V</td> <td>0.14V</td> <td>0.09V</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1.00V</td> <td>0.58V</td> <td>0.80V</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0.06V</td> <td>0.10V</td> <td>0.11V</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>3.37V</td> <td>2.77V</td> <td>2.78V</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>0.02V</td> <td>0.04V</td> <td>0.04V</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>1.52V</td> <td>2.38V</td> <td>2.26V</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>0.03V</td> <td>0.04V</td> <td>0.01V</td> </tr> </tbody> </table>	Order	U1	U2	U3	THD	1.07%	1.05%	1.05%	0	0.12V	-0.01V	0.10V	1	385.82V	386.06V	384.27V	2	0.12V	0.14V	0.09V	3	1.00V	0.58V	0.80V	4	0.06V	0.10V	0.11V	5	3.37V	2.77V	2.78V	6	0.02V	0.04V	0.04V	7	1.52V	2.38V	2.26V	8	0.03V	0.04V	0.01V
Order	U1	U2	U3																																																																																																																																				
THD	2.13%	1.71%	2.23%																																																																																																																																				
0	-0.03V	-0.14V	-0.21V																																																																																																																																				
1	230.69V	231.20V	230.53V																																																																																																																																				
2	0.21V	0.26V	0.05V																																																																																																																																				
3	1.09V	0.29V	1.42V																																																																																																																																				
4	0.07V	0.05V	0.04V																																																																																																																																				
5	4.53V	3.39V	4.89V																																																																																																																																				
6	0.08V	0.06V	0.05V																																																																																																																																				
7	0.19V	1.33V	0.58V																																																																																																																																				
8	0.04V	0.06V	0.04V																																																																																																																																				
Order	U1	U2	U3																																																																																																																																				
THD	1.08%	1.24%	1.16%																																																																																																																																				
0	-0.03V	-0.13V	-0.06V																																																																																																																																				
1	221.60V	219.05V	219.67V																																																																																																																																				
2	0.04V	0.03V	0.09V																																																																																																																																				
3	0.11V	1.02V	0.46V																																																																																																																																				
4	0.05V	0.04V	0.03V																																																																																																																																				
5	1.83V	1.81V	1.38V																																																																																																																																				
6	0.03V	0.03V	0.04V																																																																																																																																				
7	0.91V	0.78V	1.19V																																																																																																																																				
8	0.02V	0.03V	0.03V																																																																																																																																				
Order	U1	U2	U3																																																																																																																																				
THD	1.07%	1.05%	1.05%																																																																																																																																				
0	0.12V	-0.01V	0.10V																																																																																																																																				
1	385.82V	386.06V	384.27V																																																																																																																																				
2	0.12V	0.14V	0.09V																																																																																																																																				
3	1.00V	0.58V	0.80V																																																																																																																																				
4	0.06V	0.10V	0.11V																																																																																																																																				
5	3.37V	2.77V	2.78V																																																																																																																																				
6	0.02V	0.04V	0.04V																																																																																																																																				
7	1.52V	2.38V	2.26V																																																																																																																																				
8	0.03V	0.04V	0.01V																																																																																																																																				

Nilai tegangan cukup bervariasi dengan nilai terendah pada gedung annex dengan nilai 218,33 V yang terjadi pada pukul 14.40. Sedangkan nilai tegangan tertinggi terjadi pada gedung annex dengan nilai mencapai 240,24. Nilai tersebut pada rentang standar yaitu minimal 218 V dan maksimal 253 V (Karthick et al., 2021). Nilai tegangan cenderung tinggi ketika malam hari atau ketika beban sedikit dan nilainya cenderung menurun pada jam kerja atau ketika beban cenderung naik.

Dalam analisis permasalahan terkait dengan bentuk gelombang yang merubah bentuk gelombang sinusoidal, permasalahan yang mencakup transient, tegangan sag, tegangan swells, interupsi, variasi tegangan lama dan noise tidak ditemukan pada tiga lokasi gedung pada rentang waktu pengambilan data.

Tabel 6. Perbandingan Nilai Tegangan dengan Standar

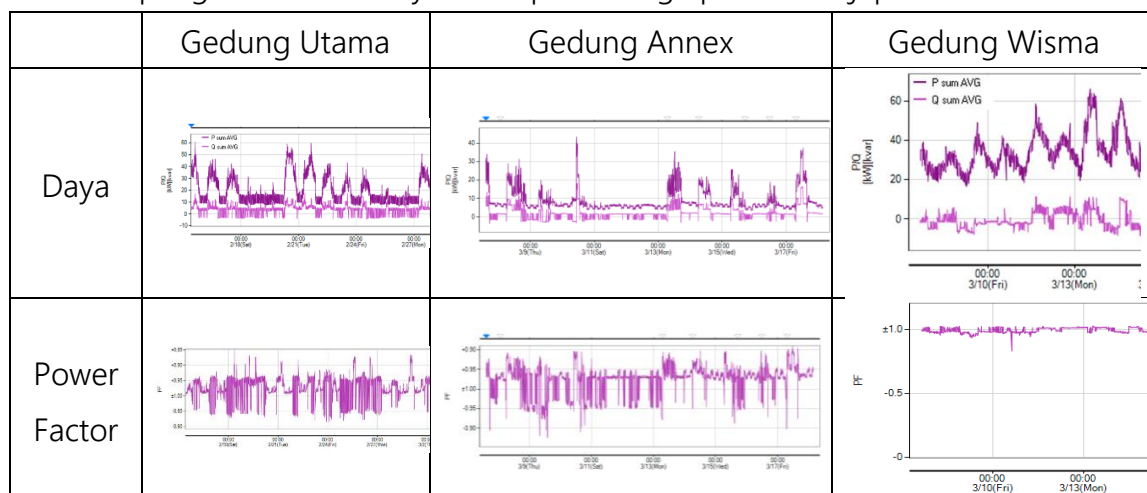
	Standar	Gedung Utama	Gedung Annex	Gedung Wisma
V max	253 V	239,94 V <i>Jam 00.13</i>	240,24 V <i>Jam 03.37</i> <i>Kecenderungan tinggi jam 23.00 – 05.00</i>	237 V <i>Jam 01.43</i>
V min	218 V	226 V <i>Jam 10.12</i>	218,33 V <i>Jam 14.40</i> <i>Kecenderungan rendah ketika jam kerja</i>	225,68 V <i>Jam 10.46</i>
Unbalance tegangan	2% (Committee et al., 2009)	0,01 – 1,77%	1,11% – 2,74%	0,34% - 0,96%
THDv	8% (Committee et al., 2009)	2,13% / 1,71%	1,08% / 1,24% / 1,16%	1,07% / 1,05%
Harmonics	(Committee et al., 2014)	/ 2,29%		/ 1,05%

Ketidakseimbangan tegangan diwajibkan di bawah nilai 2% untuk kondisi yang baik ditemukan pada dua gedung yaitu gedung utama dengan nilai 0,01 – 1,77% dan gedung wisma dengan nilai 0,34% - 0,96%. Ketidakseimbangan tegangan terjadi pada gedung annex yang nilainya pada rentang 1,11% – 2,74%, dengan kejadian yang lebih banyak dengan nilai ketidakseimbangan di atas 2%. Hal ini dapat disebabkan kondisi beban yang tidak seimbang dengan ketidakseimbangan arus mencapai 177,75%.

Nilai THD tegangan diharuskan di bawah nilai 8% untuk menciptakan sistem kelistrikan yang baik. Nilai ini ditemukan pada ketika gedung yang diukur, gedung utama mempunyai THD tegangan 2,13% / 1,71% / 2,29%, gedung annex mempunyai nilai THD tegangan 1,08% / 1,24% / 1,16% dan gedung wisma mempunyai THD tegangan 1,07% / 1,05% / 1,05%.

Analisis Daya

Hasil pengukuran nilai daya listrik pada ketiga panel tersaji pada tabel berikut:



Terlihat pada kurva daya (P) nilainya berfluktuatif mengikuti jam kerja, naik di pagi hari dan berbentuk bukit sampai dengan sore hari. Pada malam hari dan libur kurva cenderung stabil datar. Nilai daya reaktif (Q) juga tidak terlalu tinggi sehingga tidak diperlukan untuk membayar daya tersebut.

Nilai $\cos \phi$ untuk ketiga gedung tersebut ialah -0,93 s.d. +0,88 untuk gedung utama, -0,90 s.d. +0,95 untuk gedung annex dan -0,95 s.d. +0,98. Ketiga nilai yang terukur masih pada rentang standar PLN yaitu antara -0,85 s.d. 0,85 (Ferdiansah dan Ahmad, 2023), sehingga tidak akan kena penalti ketika menggunakan beban reaktif.

SIMPULAN

Pemantauan dan assesmen kualitas daya pada gedung pemerintah studi kasus di Gedung PPSDM KEBTKE dilakukan pada tiga panel SDP yaitu Gedung Utama, Gedung Wisma dan Gedung Annex. Kegiatan tersebut dilakukan dengan pemasangan peralatan power quality analyzer (PQA) untuk mendapatkan data ketika hari kerja dan hari libur. Data hasil pengukuran diasses dengan membandingkan dengan standar yang berlaku.

Hasil analisis menunjukkan bahwa bentuk gelombang tegangan, THD arus, THD tegangan dan $\cos \phi$ semuanya masih berada pada rentang normal. Tetapi ditemukan permasalahan kualitas daya antara lain:

1. Terjadi ketidakseimbangan arus pada gedung utama dan gedung annex dengan nilai di atas 25%.
2. Ketidakseimbangan tegangan terjadi pada gedung annex yang nilainya mencapai 2,74%

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui penyebab dari ketidakseimbangan dan apakah dampaknya akan berpengaruh ke sistem kelistrikan utama. Pengukuran juga diperlukan pada panel MDP untuk mengetahui kondisi kelistrikan secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Association, IEEE Standards. (1995) 'Ieee Standard 1159 – 1995', In IEEE Std 1159 - 1995. Blooming, Thomas M., Carolina, North, and Carnovale, Daniel J. (2006) 'Conference Record of the 2006 IEEE IAS Pulp and Paper Conference Eaton Electrical'.
- Committee, Distribution, Power, Ieee, and Society, Energy. (2009) 'IEEE Std 1159TM-2009, IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality', (Vol. 2009).
- Committee, Distribution, Power, Ieee, and Society, Energy. (2014) 'IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems IEEE

Power and Energy Society', 2014.

- Ferdiansah, Bagus, and Ahmad, Fahrudin. (2023) 'Analisis Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Nilai Faktor Daya dan Nilai Jatuh Tegangan', 5, pp. 234–241.
- Ghorbani, M. Jawad, and Mokhtari, H. (2015) 'Impact of harmonics on power quality and losses in power distribution systems', International Journal of Electrical and Computer Engineering, 5(1), pp. 166–174, <https://doi.org/10.11591/ijece.v5i1.pp166-174>.
- Jain, Shailendra. (2018) 'Power Quality : An Introduction. In Modeling and Control of Power Electronics Converter System for Power Quality Improvements', <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814568-5.00001-6>.
- Karthick, T., S, Charles Raja, Drusila, Jeslin, Nesamalar, J., and Chandrasekaran, K. (2021) 'Sustainable Energy , Grids and Networks Design of IoT based smart compact energy meter for monitoring and controlling the usage of energy and power quality issues with demand side management for a commercial building', Sustainable Energy, Grids and Networks, 26, p. 100454, <https://doi.org/10.1016/j.segan.2021.100454>.
- Khan, Shazma, Singh, Balvinder, and Makhija, Prachi. (2017) 'A Review on Power Quality Problems and its Improvement Techniques', pp. 1–7.
- Ojo, Alaba, Awodele, Kehinde, and Sebitosi, Adoniya. (2019) 'Power Quality Monitoring and Assessment of a Typical Commercial Building', IEEE AFRICON Conference, 2019-Septe, <https://doi.org/10.1109/AFRICON46755.2019.9133970>.
- Prananto, Team of Anton Budi. (2023) 'handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2022', Ministry of Energy and Mineral Resource Republic Indonesia, pp. 1–111.
- Purwadi, Agus, Mawardi, Anang, Firmansyah, Muhammad, Heryana, Nana, and Nurafiat, Dadan. (2011) 'Harmonic Characteristics on 20 kV – Medium Voltage Distribution and Low Voltage Network in PT . PLN Distribution West Java and Banten', (July).
- Systems, Power, and Committee, Engineering. (1995) 'IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications', (Vol. 1995).