

Analisis Kualitas Daya dan Rekomendasi Perbaikan Sistem Kelistrikan di Gedung Perhotelan

Ahmad Hermawan^{a)}, Jamik Apriliasari^{*a)}, Chandra Wiharya^{a)}

(Artikel diterima: April 2023, direvisi: Mei 2023)

Abstract: Fave Hotel is supplied by 2 PLN transformers, with capacities of 250 kVA and 100 kVA. The supply of electrical energy at Fave Hotel is very important because the possibility of disruption is very large in the process of distributing electrical energy. Load variations at Fave Hotel will also affect the electrical system. One of the disturbances that occur in the electric power system is power quality. The research method used is data observation, monitoring, analysis, and simulation using ETAP software. Based on the results of the analysis of various power quality parameters that were measured, the power quality conditions of the fave hotel were not good. A power quality problem has been identified at Fave Hotel, specifically a voltage imbalance occurs at MDP 2 on weekend is 2.64%. In addition, there is also a current imbalance occurs at MDP 1 and 2 during both weekends and weekdays, with the largest current imbalance occurs at MDP 2 on weekdays is 64.15%. To overcome the problem of voltage imbalance and current imbalance, it is recommended to perform load balancing on the system or install compensating equipment such as a voltage compensator.

Keywords: Current Unbalance, ETAP, Harmonics, Overvoltage, Power Factor, Power Quality, Undervoltage, Voltage Unbalance.

1. Pendahuluan

Kualitas daya listrik merupakan sesuatu yang penting untuk di perhitungkan dalam memanfaatkan energi listrik Hotel, perkantoran, pariwisata, pendidikan, industri, komunikasi, dan bidang lainnya semuanya membutuhkan energi listrik setiap hari. Distribusi, keandalan, dan penyediaan energi listrik dapat dipengaruhi oleh kondisi kualitas daya listrik. Variasi beban yang ada di Fave hotel juga akan berpengaruh terhadap sistem kelistrikan. Overvoltage, undervoltage, ketidakseimbangan tegangan, ketidakseimbangan arus, faktor daya dan harmonisa merupakan beberapa gangguan yang dapat diakibatkan oleh kualitas daya yang buruk.

Dampak dari kualitas daya yang buruk dapat menyebabkan panas berlebihan pada peralatan, penuaan komponen dan penurunan kapasitas, faktor daya yang lebih rendah juga dapat mengurangi efisiensi sistem tenaga karena dapat meningkatkan rugi-rugi atau losses pada sistem kelistrikan[1]

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Faktor Daya

Faktor daya merupakan rasio perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya semu (VA). Nilai dari faktor daya dapat berkisar antara 0 sampai 1. Standar faktor daya yaitu sebesar ≥ 0.85 [2]

2.2 Tegangan Lebih (Overvoltage)

Peningkatan nilai tegangan rms lebih dari 105% pada frekuensi daya selama lebih dari satu menit merupakan indikasi terjadinya overvoltage atau tegangan lebih. Operasi pensaklaran beban (misalnya, *switching* dari sebuah beban besar atau kapasitor bank) dapat menyebabkan terjadinya overvoltage. Standar tegangan yang menyatakan bahwa batas kenaikan tegangan distribusi yaitu sebesar 5% dari tegangan nominal [3].

$$\text{Batas Tegangan Lebih} = \frac{V_{\text{terukur}} - V_{\text{nominal}}}{V_{\text{nominal}}} \times 100 \% \quad (2-1)$$

2.3 Tegangan Kurang (Undervoltage)

Penurunan tegangan rms kurang dari 90% nilai tegangan nominal pada frekuensi daya lebih dari satu menit merupakan indikasi undervoltage atau tegangan kurang. Sebuah operasi pensaklaran beban atau memutuskan kapasitor bank dapat menyebabkan *undervoltage*. Standar tegangan yang menyatakan bahwa batas penurunan tegangan distribusi yaitu sebesar -10% dari tegangan nominal [3].

$$\text{Batas Tegangan Kurang} = \frac{V_{\text{terukur}} - V_{\text{nominal}}}{V_{\text{nominal}}} \times 100 \% \quad (2-2)$$

2.4 Ketidakseimbangan Tegangan

Ketidakseimbangan tegangan (*Voltage Unbalance*) merupakan penyimpangan atau deviasi maksimum dari nilai rata-rata tegangan sistem tiga fasa tegangan atau arus listrik, dibagi dengan nilai rata-rata tegangan tiga fasa atau arus tersebut, dan dinyatakan dalam persentase[4]. ketidakseimbangan tegangan yang menyatakan bahwa batas ketidakseimbangan tegangan yaitu sebesar 2% [5, 6].

$$V_{\text{avg}} = \frac{V_{\text{RS}} + V_{\text{ST}} + V_{\text{TR}}}{3} \text{ (Volt)} \quad (2-3)$$

$$\text{Voltage deviation (RS)} = |V_{\text{RS}} - V_{\text{avg}}| \text{ (Volt)} \quad (2-4)$$

$$\text{Voltage deviation (ST)} = |V_{\text{ST}} - V_{\text{avg}}| \text{ (Volt)} \quad (2-5)$$

$$\text{Voltage deviation (TR)} = |V_{\text{TR}} - V_{\text{avg}}| \text{ (Volt)} \quad (2-6)$$

$$\% \text{ VU} = \frac{\text{Max Voltage deviation}}{V_{\text{avg}}} \times 100\% \quad (2-7)$$

2.5 Ketidakseimbangan Beban

Pada sistem tenaga listrik sering terjadi ketidakseimbangan beban. Ketidakseimbangan beban ditunjukkan dengan mengalirnya arus pada netral trafo yang mengakibatkan terjadinya *losses* (rugi-rugi) [7]. Ketidakseimbangan beban yang ditentukan yaitu sebesar 1-30%.

Besar ketidakseimbangan beban tiap fasa dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_{\text{R}} + I_{\text{S}} + I_{\text{T}}}{3} \text{ (Ampere)} \quad (2-8)$$

$$I_{\text{R}} = a \times I_{\text{rata-rata}}, a = \frac{I_{\text{R}}}{I_{\text{rata-rata}}} \text{ (Ampere)} \quad (2-9)$$

* Korespondensi: jamikaprihasari@gmail.com

a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema. Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141

$$I_S = b \times I_{\text{rata-rata}}, b = \frac{I_S}{I_{\text{rata-rata}}} \text{ (Ampere)} \quad (2-10)$$

$$I_T = c \times I_{\text{rata-rata}}, c = \frac{I_T}{I_{\text{rata-rata}}} \text{ (Ampere)} \quad (2-11)$$

$$I_{\text{ketidakseimbangan}} (\%) = \frac{|a-1|+|b-1|+|c-1|}{3} \times 100\% \quad (2-12)$$

2.6 Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari suatu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet [8]. Prinsip kerja transformator didasarkan pada hukum Ampere dan hukum Faraday yang menyatakan bahwa arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya. Jumlah garis gaya magnet berubah ketika arus bolak-balik diterapkan ke salah satu kumparan transformator. Akibatnya pada sisi primer terjadi induksi. Sisi sekunder menerima garis gaya magnet dari sisi primer yang jumlahnya berubah-ubah pula. Maka disisi sekunder juga timbul induksi, akibatnya antara dua ujung terdapat beda tegangan [9].

Perhitungan Arus Beban Penuh dan Arus Hubung Singkat

- Perhitungan daya transformator dari sisi tegangan primer sebagai berikut:

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \text{ (kVA)} \quad (2-13)$$

Keterangan:

S = Daya Transformator (kVA)

V = Tegangan sisi primer transformator (kV)

I = Arus (A)

- Perhitungan Beban penuh pada transformator (*full load*) sebagai berikut:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \text{ (Ampere)} \quad (2-14)$$

Keterangan:

I_{FL} = Arus beban penuh (A)

S = Daya Transformator (VA)

V = Tegangan nominal (V)

- Perhitungan arus hubung singkat (I_{sc}) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\%Z = \frac{I_{FL} \times Z}{V} \quad (2-15)$$

$$I_{sc} = \frac{V}{Z} \text{ (Ampere)} \quad (2-16)$$

Sehingga diperoleh I_{sc} sebagai berikut:

$$I_{sc} = \frac{I_{FL}}{\%Z} \text{ (Ampere)} \quad (2-17)$$

Keterangan:

I_{sc} = Arus hubung singkat (A)

I_{FL} = Arus beban penuh (A)

%Z = Impedansi transformator (%)

V = Tegangan nominal (V)

2.7 Harmonisa

Harmonisa merupakan salah satu gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik yang disebabkan oleh bentuk gelombang AC arus atau tegangan yang cacat, dimana gelombang tersebut memiliki frekuensi ganda atau merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi dasar [10]. Distorsi harmonisa dan arus dapat

menyebabkan rugi-rugi transformator [11].

Table 2.1 Standar IEEE 519-1992 tentang Batasan Harmonisa Tegangan

Tegangan Pada Titik Sambungan (Vn)	Distorsi Harmonisa Tegangan Individu (%)	Distorsi Harmonisa Tegangan Total – THD _{Vn} (%)
Vn ≤ 69 kV	3,0	5,0
69 kV < Vn ≤ 161 kV	1,5	2,5
Vn > 161 kV	1,0	1,5

2.7.1 Distorsi Harmonisa Individu

1. Distorsi Harmonisa Tegangan Individu

$$IHD_V (\%) = \frac{V_h}{V_1} \times 100\% \quad (2-18)$$

Keterangan :

IHD_V = Distorsi harmonisa individu tegangan (%)

V_h = Komponen harmonisa tegangan ke-h dalam rms (V)

V₁ = Tegangan pada frekuensi fundamental dalam rms (V)

h = Orde harmonisa ke-

2. Distorsi Harmonisa Arus Individu

$$IHD_i (\%) = \frac{I_h}{I_1} \times 100\% \quad (2-19)$$

Keterangan :

IHD_i = Distorsi harmonisa individu arus (%)

I_h = Komponen harmonisa arus ke-h dalam rms (V)

I₁ = Arus pada frekuensi fundamental dalam rms (V)

h = Orde harmonisa ke-

2.7.2 Distorsi Harmonisa Total

1. Distorsi Harmonisa Tegangan Total

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \times 100\% \quad (2-20)$$

Keterangan :

THD_V = Total distorsi harmonisa tegangan (%)

V_h = Komponen harmonisa tegangan ke-h dalam rms

V₁ = Tegangan pada frekuensi fundamental dalam rms

h = Orde harmonisa ke-

2. Distorsi Harmonisa Arus Total

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \times 100\% \quad (2-21)$$

Keterangan :

THD_V = Total distorsi harmonisa arus (%)

I_h = Komponen harmonisa arus ke-h dalam rms

I₁ = Arus pada frekuensi fundamental dalam rms

H = Orde harmonisa ke-

3. Metode Penelitian

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Adapun waktu dan tempat pelaksanaan sebagai berikut:

Waktu Pelaksanaan : September 2022 – Oktober 2022

Tempat Pelaksanaan : Fave Hotel Kota Malang

3.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam penyelesaian Skripsi ini, metode penelitian yang

digunakan sebagai berikut:

1. Observasi

Observasi dilakukan dengan berkunjung langsung ke lokasi penelitian untuk melakukan pengamatan dan pengambilan data secara langsung.

2. Wawancara

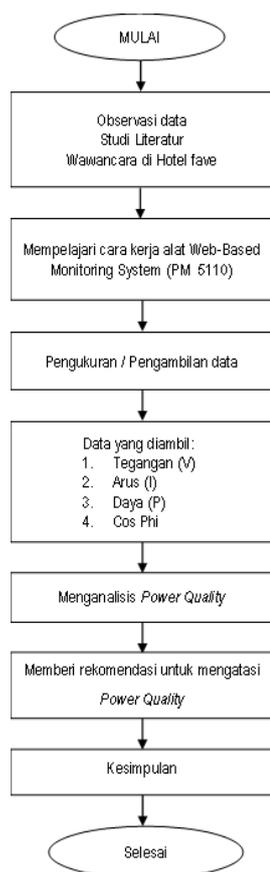
Wawancara dilakukan untuk mendapatkan informasi dan memperdalam pemahaman terkait penelitian. Sehingga dapat dilakukan wawancara atau tanya jawab kepada penanggung jawab teknik, staf dan pihak terkait yang berhubungan dengan penelitian.

3. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk mempelajari buku atau referensi yang dapat membantu dalam penelitian. Serta untuk mendapatkan teori-teori yang dapat dijadikan rujukan dalam penelitian. Studi literatur juga bertujuan untuk memperdalam pemahaman teori dan konsep mengenai ketidakeimbangan beban dalam penelitian ini.

3.3 Diagram Alir Pengerjaan Skripsi

Metode pengerjaan skripsi ini dijelaskan dalam diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Skripsi

4. Pembahasan

4.1 Sistem Kelistrikan Gedung Fave Hotel

Kebutuhan energi Fave Hotel ini di suplai oleh 2 trafo dari PLN dengan masing-masing memiliki kapasitas sebesar 250 kVA dan 100 kVA. Pengambilan data dilakukan pada panel MDP Hotel Fave,

dimana terdapat 2 panel MDP di Hotel Fave. Panel MDP 1 disuplai oleh Trafo 1 dan Panel MDP 2 disuplai oleh Trafo 2. Proses pengambilan data dilakukan saat *weekday* dan *weekend* selama 24 jam menggunakan *Web-Based Power Quality Meter* (PM 5110). Permasalahan kualitas daya yang akan dibahas pada penelitian ini meliputi sebagai berikut: Tegangan Lebih, Tegangan Kurang, Ketidakeimbangan Tegangan, Ketidakeimbangan Arus, Faktor Daya, Harmonisa

4.2 Analisis Tegangan Lebih Panel MDP di Gedung Fave Hotel

Pengukuran dilakukan menggunakan *Web-Based Monitoring Power Quality Meter* pada Panel MDP 1 Fave Hotel pada tanggal 01-03 Oktoberr 2022. Dan pada MDP 2 Fave Hotel pada tanggal 25-26 September 2022. Sehingga diperoleh data hasil monitoring tersebut yang dapat digunakan sebagai parameter untuk analisis permasalahan Tegangan Lebih (*Overvoltage*) (L-N).

Tabel 4. 1 Data Hasil Pengukuran *Overvoltage* Panel MDP Fave Hotel

NO	PANEL MDP	Tegangan Lebih (<i>Overvoltage</i>) Volt	Fasa	% Kenaikan Tegangan	Ket
1	Panel 1 <i>Weekend</i>	239.99	S-N	4.34	Sesuai
2	Panel 1 <i>Weekday</i>	239.59	S-N	4.16	Sesuai
3	Panel 2 <i>Weekend</i>	239.85	T-N	4.28	Sesuai
4	Panel 2 <i>Weekday</i>	238.8	T-N	3.82	Sesuai

Berdasarkan tabel 4.1 dapat diketahui bahwa Tegangan Lebih (*Overvoltage*) pada Gedung Fave Hotel dari 2 panel MDP pada waktu berbeda yaitu *weekday* dan *weekend* masih dalam batas standar yaitu kurang dari 5%.

4.3 Analisis Tegangan Kurang Panel MDP di Gedung Fave Hotel

Pengukuran dilakukan menggunakan *Web-Based Monitoring Power Quality Meter* pada Panel MDP 1 Fave Hotel pada tanggal 01-03 Oktoberr 2022. Dan pada MDP 2 Fave Hotel pada tanggal 25-26 September 2022. Sehingga diperoleh data hasil monitoring tersebut yang dapat digunakan sebagai parameter untuk analisis permasalahan Tegangan Kurang (*Undervoltage*) (L-N).

Tabel 4. 2 Data Hasil Pengukuran *Undervoltage* Panel MDP Fave Hotel

NO	PANEL MDP	Tegangan Kurang (<i>Undervoltage</i>) Volt	Fasa	% Penurunan Tegangan	Ket.
1	Panel 1 <i>Weekend</i>	221.18	R-N	-3.99	Sesuai
2	Panel 1 <i>Weekday</i>	227.41	T-N	-1.12	Sesuai
3	Panel 2 <i>Weekend</i>	226.12	S-N	-1.68	Sesuai
4	Panel 2 <i>Weekday</i>	225.31	S-N	-2.03	Sesuai

Berdasarkan 4.2 diatas dapat diketahui bahwa Tegangan Kurang (*Undervoltage*) pada Gedung Fave Hotel dari 2 panel MDP

pada waktu berbeda yaitu *weekday* dan *weekend* masih dalam batas standar yaitu kurang dari -10%.

4.4 Analisis Ketidakseimbangan Tegangan Panel MDP di Gedung Fave Hotel

Pengukuran dilakukan menggunakan *Web-Based Monitoring Power Quality Meter* pada Panel MDP 1 Fave Hotel pada tanggal 01-03 Oktoberr 2022. Dan pada MDP 2 Fave Hotel pada tanggal 25-26 September 2022. Sehingga diperoleh data hasil monitoring tersebut yang dapat digunakan sebagai parameter untuk analisis permasalahan Ketidakseimbangan Tegangan (L-L).

Tabel 4. 3 Data Hasil Perhitungan Ketidakseimbangan Tegangan (*Voltage Unbalance*) Panel MDP Fave Hotel

No	Panel MDP	Ketidakseimbangan Tegangan (<i>Voltage Unbalance</i>)	Ket.
1	Panel 1 <i>Weekend</i>	2.64%	Tidak sesuai Standar
2	Panel 1 <i>Weekday</i>	1.55%	Sesuai
3	Panel 2 <i>Weekend</i>	1.94%	Sesuai
4	Panel 2 <i>Weekday</i>	1.52%	Sesuai

Berdasarkan tabel 4.3 dapat diketahui bahwa ketidakseimbangan tegangan pada Gedung Fave Hotel dari 2 panel MDP pada waktu berbeda yaitu pada panel 1 *Weekend* melebihi batas standar untuk ketidakseimbangan teganga sebesar 2.64%. Namun pada panel 1 *Weekday* dan panel 2 *weekend* dan *weekday* masih dalam batas memenuhi standar kurang dari 2%.

4.5 Analisis Ketidakseimbangan Arus Panel MDP di Gedung Fave Hotel

Pengukuran dilakukan menggunakan *Web-Based Monitoring Power Quality Meter* pada Panel MDP 1 Fave Hotel pada tanggal 01-03 Oktoberr 2022. Dan pada MDP 2 Fave Hotel pada tanggal 25-26 September 2022. Sehingga diperoleh data hasil monitoring tersebut yang dapat digunakan sebagai parameter untuk analisis permasalahan Ketidakseimbangan Arus.

Tabel 4. 4 Data Hasil Perhitungan Ketidakseimbangan Arus (*Current Unbalance*) Panel MDP Fave Hotel

No	Panel MDP	Ketidakseimbangan Arus (<i>Current Unbalance</i>)	Ket.
1	Panel 1 <i>Weekend</i>	38.25%	Tidak sesuai Standar
2	Panel 1 <i>Weekday</i>	53.99%	Tidak sesuai Standar
3	Panel 2 <i>Weekend</i>	60.37%	Tidak sesuai Standar
4	Panel 2 <i>Weekday</i>	64.15%	Tidak sesuai Standar

Berdasarkan tabel 4.4 dapat diketahui bahwa Ketidakseimbangan arus pada Gedung Fave Hotel dari 2 panel MDP pada waktu berbeda yaitu pada panel MDP 1 dan 2 saat *weekend* dan *weekday* melebihi batas standar untuk ketidakseimbangan arus. Berdasarkan IEEE Std 1159-2009

tentang standar ketidakseimbangan arus yang menyatakan bahwa batas ketidakseimbangan tegangan yaitu sebesar 1-30%.

4.6 Analisis Faktor Daya di Gedung Fave Hotel

Tabel 4. 5 Hasil pengukuran faktor daya rata-rata pada MDP 1 dan MDP 2 Fave Hotel saat *weekend* dan *weekday*

Panel MDP	<i>Power Factor</i>			Ket.
	R	S	T	
Panel MDP 1 <i>Weekend</i>	0.99	0.96	0.99	Sesuai
Panel MDP 1 <i>Weekday</i>	0.99	0.96	0.99	Sesuai
Panel MDP 2 <i>Weekend</i>	0.95	0.98	0.97	Sesuai
Panel MDP 2 <i>Weekday</i>	0.95	0.98	0.98	Sesuai

Berdasarkan pada tabel 4.5 dapat diketahui bahwa faktor daya rata-rata pada panel MDP 1 dan MDP 2 Fave Hotel saat *weekend* dan *weekday* masih memenuhi standar yang diijinkan. Dimana berdasarkan SPLN 70-1 standar faktor daya yaitu sebesar ≥ 0.85 . Nilai faktor daya bervariasi yaitu antara 0 sampai 1. Apabila nilai faktor daya pada sistem mendekati atau sama dengan 1, maka sistem instalasi listrik dapat dikatakan optimal baik dari segi teknik maupun ekonomis.

4.7 Analisis Kondisi Harmonisa di Gedung Fave Hotel

4.7.1 Analisa Harmonisa pada MDP 1 di Gedung Fave Hotel

Tabel 4. 6 Data Perbandingan Harmonisa Tegangan dengan standar pada MDP 1 Fave Hotel

Orde Harmonisa	IHDv-R (%)	IHDv-S (%)	IHDv-T (%)	Standar IEEE 519-1992	Ket.
3	0	0	0	3%	Sesuai
5	2.47	2.39	2.31	3%	Sesuai
7	0	0	0	3%	Sesuai
9	0	0	0	3%	Sesuai
11	0	0	0	3%	Sesuai
13	0	0	0	3%	Sesuai
15	0	0	0	3%	Sesuai
	THDv-R (%)	THDv-S (%)	THDv-T (%)	Standar IEEE 519-1992	Ket.
	2.72	2.51	2.73	5%	Sesuai

Berdasarkan tabel 4.6 data pengukuran harmonisa tegangan pada MDP 1 gedung Fave Hotel dapat diketahui bahwa harmonisa tegangan masih memenuhi batas standar yang ditentukan yaitu kurang dari 5%.

4.7.2 Analisa Harmonisa pada MDP 2 di Gedung Fave Hotel

Tabel 4. 7 Data Perbandingan Harmonisa Tegangan dengan standar pada MDP 2 Fave Hotel

Orde Harmonisa	IHDv-R (%)	IHDv-S (%)	IHDv-T (%)	Standar IEEE 519-1992	Keterangan
3	0	0	0	3%	Sesuai
5	2.41	2.45	2.41	3%	Sesuai

7	0	0	0	3%	Sesuai
9	0	0	0	3%	Sesuai
11	0	0	0	3%	Sesuai
13	0	0	0	3%	Sesuai
15	0	0	0	3%	Sesuai
	THDv-R (%)	THDv-S (%)	THDv-T (%)	Standar IEEE 519-1992	Ket.
	2.06	2.31	1.91	5%	Sesuai

Berdasarkan tabel 4.7 data pengukuran harmonisa tegangan pada MDP 2 gedung Fave Hotel dapat diketahui bahwa harmonisa tegangan memenuhi standar yang di tentukan yaitu kurang dari 5%.

4.8 Rekomendasi Permasalahan Kualitas Daya (Power Quality) pada Fave Hotel

4.8.1 Rekomendasi Ketidakseimbangan Tegangan (Unbalance Voltage)

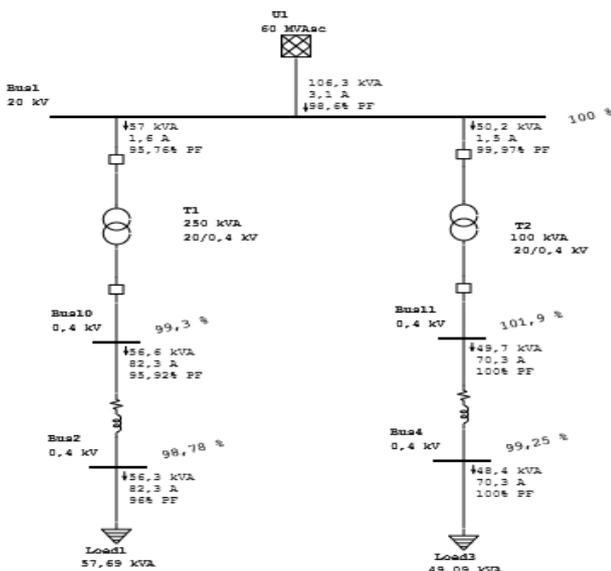
Rekomendasi untuk meminimalisir terjadinya ketidakseimbangan tegangan pada sistem sebagai berikut: Melakukan penyeimbangan beban pada sistem, karena sebagian beban pada fave hotel beroperasi secara bersamaan dari fasa yang sama. Hal ini dapat membuat nilai ketidakseimbangan tegangan menjadi besar pada beberapa waktu, Pemasangan peralatan kompensator (misal *voltage compensator*).

4.8.2 Rekomendasi Ketidakseimbangan Arus (Unbalance Current)

Rekomendasi untuk meminimalisir terjadinya ketidakseimbangan arus pada sistem dapat dilakukan dengan cara pembagian beban antar fasa yang seimbang.

4.9 Simulasi Menggunakan Software Etap 16.0.0

4.9.1 Simulasi Load Flow pada MDP 1 dan MDP 2 Fave Hotel



Gambar 4. 1 Hasil simulasi Load Flow pada MDP 1 dan 2 Fave Hotel

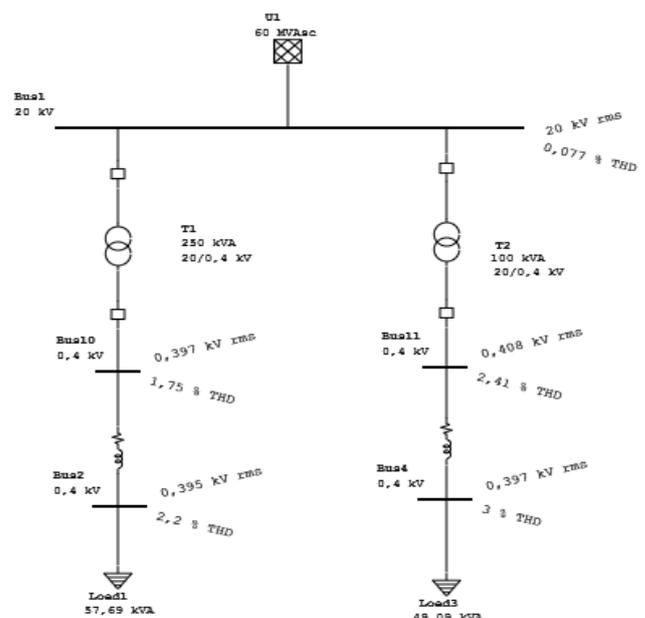
Simulasi dilakukan dengan menggunakan data beban pada

saat pengukuran untuk mempermudah analisa karena data di dapat dari pengukuran pada sisi incoming panel MDP 1 di Fave Hotel. Simulasi load flow ini dapat digunakan untuk mengetahui adanya *overvoltage* atau *undervoltage* pada sistem. Apabila terjadi *overvoltage* atau *undervoltage* maka saat simulasi akan ditandai dengan bus berwarna merah menandakan dalam kategori critical dan berwarna ungu menandakan dalam kategori marginal. Untuk batas critical *overvoltage* yaitu 105% sedangkan *undervoltage* yaitu 95% dari tegangan nominalnya.

Berdasarkan simulasi pada gambar 4.25 dapat diketahui bahwa tegangan pada sistem di MDP 1 masih dalam batas standar, hal ini dapat diketahui dari bus yang berwarna hitam saat simulasi. Pada bus 2 MDP 1 tegangan yang mengalir sebesar 98,78 % atau 395 Volt. Pada bus 4 MDP 2 tegangan yang mengalir sebesar 99,25% atau 397 Volt. Hal ini dapat diketahui dari bus yang berwarna hitam saat simulasi.

4.9.2 Simulasi Harmonisa pada MDP 1 dan MDP 2 Fave Hotel

Pada simulasi ini dilakukan dengan menggunakan data pengukuran perfasa pada fave hotel dan menggunakan beban statis pada Etap 16.0.0 untuk mempermudah analisa karena data yang didapat yaitu data pengukuran pada sisi incoming panel MDP 1 dan 2 di Fave Hotel.



Gambar 4. 2 Hasil simulasi harmonisa pada MDP 1 dan 2 Fave Hotel

Berdasarkan gambar 4.26 merupakan hasil simulasi harmonisa tegangan pada MDP 1 dan 2 di fave Hotel dimana kondisi harmonisa THDv pada MDP 1 yaitu sebesar 2,2%, sedangkan kondisi harmonisa THDv yaitu sebesar 3%. Sehingga pada MDP 1 dan 2 masih memenuhi batas standar yang ditentukan. Berdasarkan IEEE Std. 519 1992 harmonisa tegangan dengan tegangan nominal $V_n \leq 69$ kv yaitu 5,00 % untuk Total Voltage Distortion (THDv). Hal ini menandakan bahwa tegangan pada Gedung Fave Hotel tidak terganggu oleh harmonisa dan tidak dilakukan reduksi harmonisa tegangan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan dari analisis maka dapat diambil kesimpulan

sebagai berikut:

1. Kondisi kualitas daya pada Fave Hotel yaitu tegangan lebih terbesar terjadi pada Panel MDP 1 saat *weekend* yaitu sebesar 4.34%, sehingga tegangan lebih pada panel MDP 1 dan 2 masih dalam batas standar karena berdasarkan SPLN No. 1995 batas kenaikan tegangan sebesar 5% dari tegangan nominal. Tegangan terendah terjadi pada panel MDP 1 saat *weekend* yaitu sebesar -3.99%, sehingga tegangan kurang pada panel MDP 1 dan 2 masih dalam batas standar karena berdasarkan SPLN No. 1995 batas kenaikan tegangan sebesar 10% dari tegangan nominal. Ketidakseimbangan tegangan tertinggi terjadi pada panel MDP 1 saat *weekend* sebesar 2.64%, berdasarkan IEEE Std 1159-2009 batas ketidakseimbangan tegangan yaitu 2% sehingga pada panel MDP 1 saat *weekend* melebihi batas standar yang ditentukan. Ketidakseimbangan arus terjadi pada panel MDP 1 dan 2 saat *weekend* dan *weekday*, namun ketidakseimbangan arus tertinggi terjadi pada panel MDP 2 saat *weekday* sebesar 64,15%, IEEE Std 1159-2009 batas ketidakseimbangan arus yaitu 1-30%. Nilai faktor daya pada MDP 1 dan 2 masih dalam batas standar, SPLN 70-1 standar faktor daya yaitu sebesar ≥ 0.85 . Harmonisa tegangan pada panel MDP 1 dan 2 masih dalam batas standar, IEEE Std. 519-1992 batas THDv yaitu sebesar 5%.
2. Rekomendasi untuk mengatasi masalah kualitas daya pada fave hotel yaitu pada saat terjadi ketidakseimbangan tegangan dan ketidakseimbangan arus maka solusi untuk mengatasinya dapat melakukan penyeimbangan beban pada sistem atau dengan pemasangan peralatan kompensator (misal *voltage compensator*). Solusi untuk mengatasi adanya harmonisa arus yang melebihi standar yaitu dengan melakukan perhitungan dan pemasangan filter pasif untuk mereduksi harmonisa tersebut.
3. Pada simulasi menggunakan etap didapatkan hasil bahwa tegangan pada sistem kelistrikan di fave hotel masih dalam batas standar yang ditentukan. Hal ini dapat diketahui dari bus yang berwarna hitam saat simulasi. Pada MDP 1 tegangan yang mengalir sebesar 98,78 % atau 395 Volt. Sedangkan pada MDP 2 tegangan yang mengalir sebesar 99,25% atau 397 Volt. Sedangkan untuk simulasi harmonisa harmonisa THDv pada MDP 1 yaitu sebesar 2,2%, sedangkan kondisi harmonisa THDv pada MDP 2 yaitu sebesar 3 %.

6. Saran

1. Saat melakukan pengukuran harus memperhatikan SOP (Standar Operasional Prosedure) dan APD untuk menjaga keamanan saat proses pengambilan data.
2. Memperhatikan saat perencanaan dalam pembagian beban pada setiap fasa untuk menghindari adanya ketidakseimbangan tegangan dan arus yang terlalu besar.
3. Memperhatikan letak panel agar mudah saat proses pengukuran maupun pemeliharaan.
4. Melakukan monitoring atau pengukuran secara berkala untuk dapat mengantisipasi terjadinya kegagalan operasi atau kerusakan komponen.

7. Daftar Pustaka

- [1] M. S. Rad, M. Kazeroonl, M. J. Ghorbany, & H. Mokhtari,

- “Analysis of The Grid Harmonics and Their Impact on Distribution Transformers,” *IEEE Power Energy Conferens*, 2012.
- [2] SPLN, “SPLN 70-1. Jakarta: PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero), 1995.
- [3] SPLN, *SPLN 1:1995*. Jakarta: PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero), 1995.
- [4] Dugan, R. C., McGranaghan, M. F., Santoso, S., & Beaty, H. W. (2004). *Electrical Power Systems Quality, Second Edition* (Second).
- [5] IEEE std 1159, “IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality.” 2009.
- [6] Hakim, M. F., Herman, B. Y. V., & Himawan, H. M. (2021). AUDIT PENERANGAN PADA GEDUNG A, B, DAN C DI PERGURUAN TINGGI. *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 8(2), 36–40.
- [7] Dasa Novfowan. A, Mieftah. M, & Kusuma. W, “Alternatif Penanganan Losses Akibat Ketidakseimbangan Beban Pada Trafo Distribusi,” *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 10, no. 1, p. 54.
- [8] M. D. T. Sogen, “Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Transformator Distribusi di PT PLN (Persero) Area Sorong,” *Jurnal Electro Luceat*, vol. 4, 2018.
- [9] Suheta, T., & Haryudo, S. I. (n.d.). Pengaruh Harmonisa Pada Gardu Trafo Tiang Daya 200 KVA di PT PLN (Persero) APJ Surabaya Utara. *Jurnal Teknik Elektro*, 7–11
- [10] Sugiaro, H. (2012). Kajian Harmonisa Arus Dan Tegangan Listrik di Gedung Administrasi Politeknik Negeri Pontianak. 8.
- [11] Sutjipto. R, Kusuma. W, & Zulfianta. K, “Analisis Pengaruh Harmonisa Terhadap Losses Transformator 500kVA,” *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan POLINEMA*, vol. 9, no. 2, p. 40.