

ANALISIS PENGUKURAN HARMONISA TEGANGAN DAN ARUS LISTRIK DI GEDUNG ADMINISTRASI UNIVERSITAS JAYABAYA

Andri Zulkarnaini^{1*}, Rismen Sinambela¹, Leonard Lisapaly¹ dan Martua Manik²

¹Program Studi Magister Teknik Elektro, Program Pascasarjana, Universitas Kristen Indonesia, Indonesia

²Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Industri, Universitas Indraprasta PGRI, Indonesia

^{*}E-mail: andri.zulkarnaini@gmail.com

Abstrak

Gedung Administrasi FTI Universitas Jayabaya merupakan tempat kegiatan aktivitas perkuliahan, dimana tingginya penggunaan perangkat berbasis elektronik sebagai beban nonlinier menjadi penyebab utama timbulnya harmonisa yang dapat mengganggu sistem kelistrikan baik kerugian secara teknis maupun finansial. Oleh sebab itu, menjadi penting untuk dilakukan investigasi pengaruh beban nonlinier terhadap tegangan, frekuensi, faktor daya dan THD dengan melakukan pengukuran menggunakan alat ukur *Power Quality Analyzer Fluke 43B*. Pengukuran dipusatkan pada titik beban pada panel listrik yang telah terpasang trafo dengan kapasitas sebesar 1600 kVA dan kapasitor bank sebesar 525 V 50 Hz. Selanjutnya, hasil pengukuran dianalisis berdasarkan standar masing-masing sebagai pembanding. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Gedung Administrasi FTI Universitas Jayabaya dalam kondisi stabil, hal ini dapat dibuktikan berdasarkan hasil pengukuran rata-rata setiap fasa yaitu; nilai tegangan memenuhi standar SPLN-1-1995 dengan nilai yang diizinkan turun sebesar 10 % dan naik sebesar 5% dari nilai tegangan standar (220 V), nilai frekuensi memenuhi batas izin standar IEC sebesar 50 Hz, nilai THD_v memenuhi standar IEEE 519-2014 (< 5%) sebesar 2,4%, nilai THD_v memenuhi standar IEEE 519-2014 (< 15%) sebesar 6,13%, dan nilai faktor daya memenuhi standar SPLN 70-1 sebesar 0,98 mendekati angka 1 (satu) bernilai positif.

Kata kunci: Harmonisa, Beban Nonliner, Sistem Kelistrikan

Abstract

Jayabaya University FTI Administration Building is a place for lecture activities, where the high use of electronic-based devices as nonlinear loads is the main cause of harmonics that can disrupt the electrical system both technically and financially. Therefore, it is important to investigate the effect of nonlinear loads on voltage, frequency, power factor and THD by taking measurements using a Fluke 43B Power Quality Analyzer. Measurements were centred on the load point on the electrical panel which had been installed with a transformer with a capacity of 1600 kVA and a capacitor bank of 525 V 50 Hz. Furthermore, the measurement results were analysed based on the respective standards as a comparison. The results showed that the FTI Administration Building of Jayabaya University is in a stable condition, this can be proven based on the average measurement results of each phase, namely; the voltage value meets the SPLN-1-1995 standard with a permissible value down by 10% and up by 5% from the standard voltage value (220 V), the frequency value meets the IEC standard permit limit of 50 Hz, the THD_v value meets the IEEE 519-2014 standard (< 5%) by 2.4%, the THD_v value meets the IEEE 519-2014 standard (< 15%) by 6.13%, and the power factor value meets the SPLN 70-1 standard of 0.98 approaching the number 1 (one) positive value.

Keywords: Harmonics, Nonliners, Electrical Systems

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi pada sistem kelistrikan suatu gedung sangat penting, seperti; perkantoran, industri, rumah sakit, gelanggang olahraga dan salah satunya gedung Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya yang berlokasi di Jl. Raya Bogor. Dimana, sarana dan prasarananya didukung oleh penggunaan perangkat berbasis elektronik seperti; internet, lampu hemat energi, TV, komputer, printer, kulkas, pengisian baterai, pendingin ruangan, serta motor pompa yang merupakan beban

nonlinier menjadi penyebab munculnya harmonik yang dapat mengganggu sistem distribusi tenaga listrik [1][2]. Dalam sistem distribusi tenaga listrik, harmonik terjadi ketika beban linier menyebabkan distorsi gelombang arus dan tegangan membentuk gelombang-gelombang dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamentalnya, sehingga gelombang tidak lagi berbentuk sinusoidal murni [3]. Tingginya harmonisa pada suatu beban atau distribusi tenaga listrik apabila dibiarkan akan menimbulkan masalah baik kerugian secara teknis maupun finansial bagi lembaga [4].

Beban nonlinier mengubah sifat sinusoidal arus daya dan menurunkan tegangan, akibatnya pada sistem kelistrikan terjadi aliran arus harmonik yang dapat menyebabkan gangguan pada rangkaian komunikasi dan peralatan lainnya. Kegagalan isolasi dapat menyebabkan kerusakan atau penurunan umur peralatan, karena faktor daya sistem menjadi lebih rendah, bentuk gelombang tegangan sistem terdistorsi [1][5], rugi-rugi daya sistem meningkat, pemanasan yang lebih tinggi, dan penggunaan energi listrik menjadi tidak efisien [6][7]. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik, diperlukan penyediaan tenaga listrik yang stabil dan kontinu.

Gedung administrasi bertanggung jawab untuk menyediakan layanan untuk membantu kinerja organisasi Universitas dalam menjalankan tugas. Untuk itu diperlukan infrastruktur yang baik dan lancar dalam memberikan layanan, seperti: sistem jaringan antar komputer (*computer networking system*) yang mencakup jaringan lokal area/LAN; server utama untuk berbagai aplikasi komputer yang berjalan pada infrastruktur jaringan komputer; dan fasilitas penggunaan komputer (*computing facilities*) baik di pusat layanan penggunaan komputer maupun di pusat layanan penggunaan komputer.

Komputer dan peralatannya merupakan beban listrik nonlinier yang menghasilkan distorsi harmonik yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas daya listrik. Jika semua perangkat berbasis elektronik digunakan secara bersamaan akan menyebabkan penurunan daya pada sistem jaringan listrik tersebut. Oleh sebab itu, perlu dianalisis seberapa besar faktor daya dan *Total Harmonic Distortion* (THD) yang terjadi. Langkah ini dilakukan untuk mengetahui baik atau buruknya kualitas daya listrik suatu gedung, dan sebagai solusi perbaikan sistem jaringan kelistrikan. Analisa dilakukan dengan pengukuran menggunakan alat ukur *Power Quality Analyzer Fluke 43B* dengan memperhatikan data-data seperti; arus, tegangan, frekuensi, faktor daya, THD tegangan, dan THD arus,

2. Metode

2.1. Langkah Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen yang dilakukan di Gedung Administrasi Fakultas Teknik Industri Universitas Jayabaya di Jl. Raya Bogor km 28,8 pada tanggal 14 Mei 2024 dengan menggunakan alat ukur *Power Quality Analyzer Fluke 43B*. Pengukuran dipusatkan pada titik beban pada panel listrik yang telah terpasang trafo dengan kapasitas sebesar 1600 kVA dan kapasitor bank sebesar 525 V 50 Hz. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi nilai arus, tegangan, frekuensi, faktor daya listrik termasuk spektrum harmonik, THD arus dan THD tegangan. Pengukuran dilakukan langsung pada panel listrik. Adapun langkah penelitian yang dilakukan, yaitu [8];

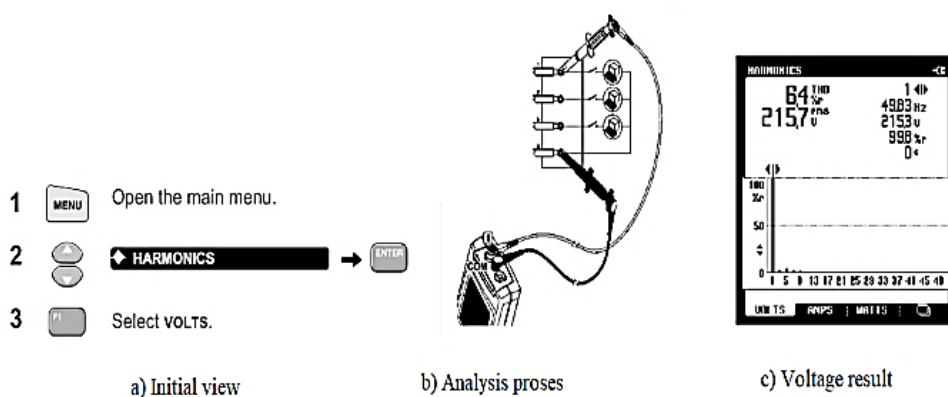
- Kawat hitam alat ukur dihubungkan ke kawat netral,
- Kawat merah alat ukur dihubungkan ke kawat fasa,
- Tang amper dihubungkan ke alat ukur,
- Buka menu, pilih harmonik, lalu tekan tombol *enter*, dan kemudian pilih tegangan atau arus,
- Tampilan hasil pengukuran akan terlihat dilayar alat ukur,
- Tahap terakhir melakukan analisis dari hasil pengukuran berdasarkan standar masing-masing.

Prosedur proses langkah pengukuran diperlihatkan pada Gambar 1

2.2. Parameter Data Penelitian

Tabel 1. Batas Distorsi Tegangan [14]

Bus voltage V at PCC	Individual Harmonic (%)	Total Harmonic Distortion THD (%)
$V \leq 1.0$ kV	5.0	8.0
1 kV $< V \leq 69$ kV	3.0	5.0
69 kV $< V \leq 161$ kV	1.5	2.5
161 kV $< V$	1.0	1.5



Gambar 1. Prosedur Pengukuran Data Harmonisa Tegangan [9]

Waktu pengambilan sampel data dilakukan pada pukul 9:00 wib, 12:00 wib dan 15:00 wib. Awal pengukuran dilakukan terhadap nilai tegangan dan arus pada setiap fasa, kemudian hasil pengukuran tegangan dibandingkan dengan standar SPLN-1:1995 yaitu dengan batas yang diizinkan $\pm 10\%$ [10]. Hasil pengukuran frekuensi dibandingkan dengan standar IEC 6100-2-1-1990 yaitu 50Hz [11], untuk hasil pengukuran faktor daya mengacu pada standar SPLN 70-1-1985 yaitu 85% [12][13]. Hasil pengukuran spektrum harmonik, THD% arus, dan THD% mengacu pada standar IEEE 519-2014. Berikut standar IEEE 519-2014 tegangan yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan standar IEEE 519-2014 arus pada Tabel 2.

Tabel 2. Batas distorsi arus untuk sistem dengan nilai maksimum 120 V hingga 69 kV [14]

Maksimal distorsi arus harmo nik dalam persen IL						
Individual harmonic order (odd harmonics)^{ab}						
ISC/IL	3 ≤ h < 11	11 ≤ h < 17	17 ≤ h < 23	23 ≤ h < 35	35 ≤ h ≤ 50	TDD
< 20c	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 < 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 < 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 < 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0 ^c

2.3. Teknik Analisa Data Penelitian

Gedung Administrasi FTI membutuhkan daya listrik yang besar dalam melakukan aktifitasnya, untuk itu dalam sistem jaringan listrik menggunakan tiga fasa yang terdiri dari tiga kawat fasa R, S, T dan satu kawat netral atau *ground* (N). Trafo atau transformator diperlukan untuk menaikkan dan menurunkan level tegangan pada sistem jaringan listrik tersebut. Berikut data spesifikasi trafo yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 3

Tabel 3. Data Spesifikasi Trafo

Data Trafo	Nilai	Satuan
Daya, (kVA)	1600	KVA
Tegangan Primer (V HV)	20000	V
Tegangan Sekunder (V LV)	400	V
Arus Primer (I HV)	46,19	A
Arus Sekunder (I LV)	2309,4	A
Impedansi (Z)	6	%

Berdasarkan data transformator yang terpasang dengan titik pengukuran, dapat diketahui nilai Iload sebesar 2390,40 A dan nilai impedansi 6%. Dari data tersebut dapat diketahui *short circuit* menggunakan Persamaan 1.

$$I_{sc} = \frac{I_{load}}{Z} \quad (1)$$

$$= \frac{2390,40 \text{ A}}{6\%}$$

$$= 39840$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui nilai rasio hubungan pendek sebagai berikut

$$\text{Rasio hubungan pendek} = \frac{I_{sc}}{I_L} = \frac{39840}{168,22} = 236,8$$

Hasil perhitungan, maka untuk batasan distorsi harmonisa arus berdasarkan SPLN D5.004-1: 2012 adalah 15% dari rentang nilai ISC/IL yaitu $100 < 1000$ [15]. Hasil pengukuran dari alat ukur berupa gelombang atau spektrum, teks dan grafik yang terjadi pada setiap orde harmonisa [8]. Untuk mendapatkan nilai rata-rata arus dapat menggunakan Persamaan 2 [8].

$$IR \text{ rata - rata} = \frac{IR+IS+IT}{3} \quad (2)$$

Kualitas daya listrik adalah setiap masalah yang terjadi pada tegangan, arus, atau frekuensi yang menyebabkan kerusakan atau kegagalan fungsi kerja pada peralatan berbasis elektronik [16]. Untuk mengukur ketepatan daya dan faktor daya dalam sistem jaringan listrik dapat menggunakan konsep segitiga daya. Segitiga daya adalah tiga elemen dasar yang pembentuk arus bolak balik (AC) dalam sistem tiga fasa yang terdiri dari daya aktif (*power active*), daya reaktif (*reactive power*), dan daya semu (*apparent power*). Untuk mendapatkan nilai daya semu (S) dapat menggunakan Persamaan 3, daya aktif (P) dapat menggunakan Persamaan 4, dan daya reaktif (Q) dapat menggunakan Persamaan 5. Sifat beban dalam sistem jaringan listrik yang terpasang secara resistif, induktif, dan kapasitif dapat memengaruhi jumlah daya listrik yang digunakan dan faktor daya. Faktor daya atau $\cos \varphi$ mempunyai rentang nilai antara 0 sampai 1 dan dapat dinyatakan dalam persen serta dapat dihitung menggunakan Persamaan 6.

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \quad (3)$$

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \quad (4)$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi \quad (5)$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (6)$$

Dimana:

S = daya semu (VA)

P = daya aktif (W)

Q = daya reaktif (VAR)

$\cos \varphi$ = faktor daya (%)

Langkah selanjutnya memasukkan data waktu hasil pengukuran kedalam tabel dan melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai rata-rata THD tegangan dan arus. Nilai THD arus dapat dihitung menggunakan Persamaan 7.

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_2^h I_h^2}}{I_1} \times 100\% \quad (7)$$

Dimana:

I_h = komponen harmonisa arus (A)

I_1 = komponen fundamental rms (A)

Nilai THD tegangan dapat dihitung menggunakan Persamaan 8.

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_2^h V_h^2}}{V_1} \times 100\% \quad (8)$$

Dimana:

V_h = komponen harmonisa tegangan (V)

V_1 = komponen fundamental rms (V)

Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan *Standard IEEE 519-2014*, yang memiliki batas nilai THD_V 5% dan THD_I 15%. Tahap akhir menganalisis nilai rugi daya yang disebabkan oleh harmonis yang menunjukkan adanya arus netral yang sangat besar. Nilai rugi daya dihitung menggunakan Persamaan 9.

$$P_{Netral} = I_N^2 R_N \quad (9)$$

Dimana:

P Netral = daya penghantar netral (W)

I_N = arus yang melalui penghantar netral (A)

R_N = tahanan penghantar netral (ohm)

3. Hasil dan Analisa

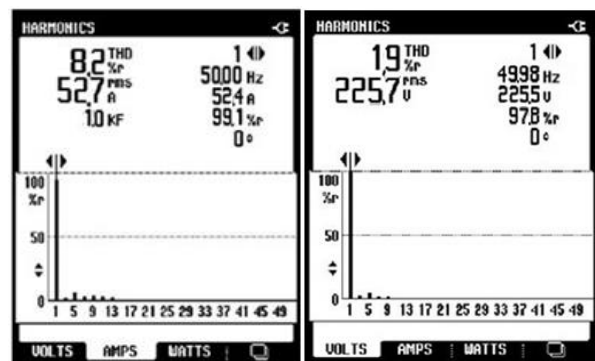
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui arus, tegangan, frekuensi, faktor daya, THD_I %, dan THD_V % pada fasa R, S, dan T dengan menggunakan alat ukur Power Quality Analyzer Fluke 43B. Adapun hasil analisis yang dilakukan antara lain:

3.1. Hasil Analisis Pengukuran Fasa R

Hasil pengukuran pada fasa R, harmonisa arus tertinggi pada pukul 12:00 wib sebesar 52,7 A dan harmonisa tegangan tertinggi terjadi pada pukul 15:00 wib sebesar 225,7 V. Hasil pengukuran pada fasa R diperlihatkan pada Gambar 2.

Berdasarkan pengukuran pada fasa R mengalami fluktuasi pada setiap waktu pengukuran. Nilai tegangan tertinggi terjadi pada pukul 15:00 wib sebesar 225,7 V, namun nilai arus diposisi terendah sebesar 37,3 A. Nilai tegangan

terendah pada pukul 12:00 wib sebesar 209,9 V, namun nilai arus diposisi tertinggi dengan nilai sebandingnya. Hasil pengukuran spektrum harmonisa arus (THD_I) tidak melebihi nilai batas izin standar IEEE 519-2014 yaitu < 5% dan untuk nilai spektrum harmonisa tegangan (THD_V) dibawah nilai batas izin standar yaitu < 15%. Hasil pengukuran frekuensi memiliki nilai dibawah standar IEC yaitu 50 Hz, sedangkan nilai faktor daya mendekati nilai < 1 dan bernilai positif yang artinya bahwa kapasitas daya aktif selalu lebih kecil daripada kapasitas daya semu dan menunjukkan seberapa efisien penggunaan listrik [17]. Semakin mendekati angka satu, semakin efektif, dalam hal penggunaan daya listrik dan sebaliknya [18]. Hal ini disebabkan tidak semua perangkat elektronik dipergunakan secara bersamaan. Data hasil pengukuran pada fasa R ditunjukkan pada Tabel 4.



a) Harmonisa arus tertinggi b) Harmonisa tegangan tertinggi

Gambar 2. Hasil Spektrum Harmonisa Arus dan Tegangan Pada Fasa R

Tabel 4. Data Hasil Pengukuran Fasa R

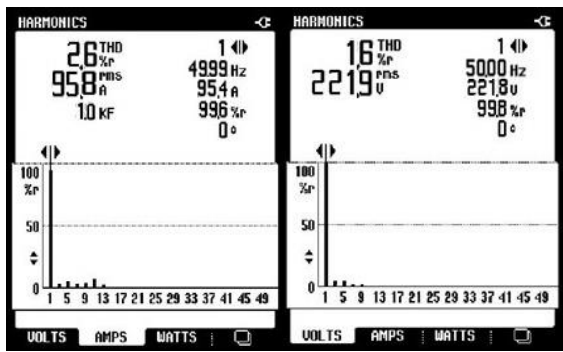
Parameter	Waktu (wib)		
	09:00	12:00	15:00
Tegangan rms (V)	215,7	209,9	225,7
Arus rms (A)	47,6	52,7	37,3
Arus Netral (A)	51,4	58,2	28,4
THD_V (%)	2,9	4,3	1,9
THD_I (%)	7,6	8,2	10,5
Frekuensi (HZ)	50	50	49,9
P (KW)	10,8	11,9	9,5
S (KVA)	10,9	12,3	9,8
Q (KVAR)	1,9	1,9	2,4
PF	0,99	0,97	0,97

3.2. Hasil Analisis Pengukuran Fasa S

Hasil pengukuran pada fasa S, harmonisa arus tertinggi pada pukul 12:00 wib sebesar 95,8 A dan harmonisa tegangan tertinggi terjadi pada pukul 15:00 wib sebesar 221,9 V. Hasil pengukuran pada fasa R diperlihatkan pada Gambar 3.

Berdasarkan hasil pengukuran pada fasa S memiliki perbedaan cukup besar. Perbedaan tersebut terlihat pada hasil pengukuran tegangan pada pukul 09:00 wib sebesar

211,7 V, kemudian mengalami penurunan pada pukul 12:00 wib sebesar 208,3 V dan naik menjadi 221,9 V pada pukul 15:00 wib. Hasil pengukuran arus tertinggi pada pukul 12:00 wib sebesar 95,8 A dan nilai terendah pada pukul 15:00 wib sebesar 30,95 A. Sebagian besar beban listrik memiliki sifat tegangan, arus nonlinier, sehingga arus tidak sebanding dengan tegangan dan berfluktuasi dengan impedansi beban bolak-balik [19]. Hasil pengukuran THD_I dan THD_V tidak melebihi nilai batas izin standar IEEE 519-2014. Hasil pengukuran frekuensi mengalami kenaikan pada pukul 15:00 wib sebesar 50,6, namun masih dapat memenuhi standar IEC 6100-2-1-1990. Hasil pengukuran nilai faktor daya mendekati nilai < 1 dan bernilai positif yang artinya semakin mendekati angka satu, semakin efektif, dalam hal penggunaan daya listrik dan sebaliknya. Data hasil pengukuran pada fasa R ditunjukkan pada Tabel 5.



a) Harmonisa arus tertinggi b) Harmonisa tegangan tertinggi

Gambar 3. Hasil Spektrum Harmonisa Arus dan Tegangan Pada Fasa S

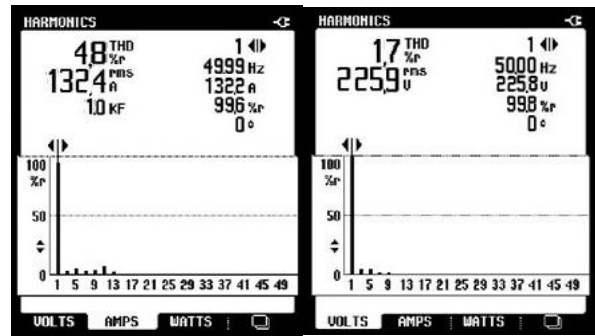
Tabel 5. Data Hasil Pengukuran Fasa S

Parameter	Waktu (wib)		
	09:00	12:00	15:00
Tegangan rms (V)	211,7	208,3	221,9
Arus rms (A)	74,6	95,8	30,95
Arus Netral (A)	51,4	58,2	28,45
THDv (%)	2,1	1,8	1,6
THD I (%)	4,7	2,6	6,3
Frekuensi (HZ)	50	49,9	50,6
P (KW)	14,4	18,4	7,07
S (KVA)	14,8	18,6	7,16
Q (KVAR)	2,9	3,4	1,59
PF	0,97	0,99	0,99

3.3. Hasil Analisis Pengukuran Fasa T

Hasil pengukuran pada fasa T, nilai harmonisa arus tertinggi pada pukul 12:00 wib sebesar 132,4 A dan harmonisa tegangan tertinggi terjadi pada pukul 15:00 wib sebesar 225,9 V, diperlihatkan pada Gambar 4. Berdasarkan data hasil pengukuran, nilai THD_I dan THD_V tidak melebihi nilai batas izin standar IEEE 519-2014. Hasil pengukuran nilai frekuensi memenuhi nilai batas izin standar IEC 6100-2-1-1990 pada setiap data waktu pengukuran. Untuk nilai faktor daya rata-rata

sebesar 0,98 mendekati nilai 1 dan bernilai positif. Hasil data pengukuran pada fasa T ditunjukkan pada Tabel 6.



a) Harmonisa arus tertinggi b) Harmonisa tegangan tertinggi

Gambar 4. Hasil Spektrum Harmonisa Arus dan Tegangan Fasa T

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Pengukuran Fasa T

Parameter	Waktu (wib)		
	09:00	12:00	15:00
Tegangan rms (V)	213,7	205,4	225,9
Arus rms (A)	104,2	132,4	75,5
Arus Netral (A)	51,4	58,2	28,45
THDv (%)	2,7	2,6	1,7
THDI (%)	4,6	4,8	5,9
Frekuensi (HZ)	50	49,9	50
P (KW)	21,5	25,6	15,6
S (KVA)	21,7	26,1	15,3
Q (KVAR)	1,4	2,8	1,8
PF	0,99	0,98	0,98

3.4. Hasil Analisis Arus Rata-Rata

Nilai distorsi harmonisa arus dan harmonisa tegangan harus diperhatikan. Berikut data rekap hasil pengukuran harmonisa arus ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekap Hasil Pengukuran Harmonisa Arus

Waktu Pengukuran	Arus Fasa (A)			
	IR	IS	IT	IN
09.00	47,6	74,6	104,2	51,4
12.00	52,7	95,8	132,4	58,2
15.00	37,3	30,9	75,5	28,45

Hasil rekap tabel diatas, kemudian dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.

$$IR \text{ rata - rata} = \frac{IR+IS+IT}{3} = \frac{47,6 + 74,6 + 104,2}{3} = 75,47 \text{ A}$$

Hasil harmonisa arus rata-rata ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8 menunjukkan arus rata-rata pada Gedung Administrasi FTI dalam kondisi tidak seimbang. Hal ini ditandai dengan terjadinya perbedaan nilai arus pada setiap

fasa. Nilai tertinggi harmonisa arus rata-rata sebesar 93,63 A pada pukul 12.00 wib. Hal ini disebabkan adanya ketidakseimbangan jumlah beban menyebabkan terjadinya gelombang arus tidak sinusoidal [20].

Tabel 8. Hasil Harmonisa Arus Rata-Rata

Parameter	Waktu		
	09:00	12:00	15:00
Arus rata-rata (A)	75,47	93,63	47,90

3.5. Hasil Analisis Tegangan Rata-Rata

Untuk mengetahui nilai rata-rata tegangan yang terjadi, diperlukan analisa dengan melakukan perhitungan berdasarkan hasil pengukuran. Data rekap hasil pengukuran harmonisa tegangan ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekap Hasil Pengukuran Harmonisa Tegangan

Waktu Pengukuran	Arus Fasa		
	VR	VS	VT
09:00	215,7	211,7	205,4
12:00	209,9	208,3	205,4
15:00	225,7	221,9	225,9

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai harmonisa tegangan rata-rata Data hasil perhitungan harmonisa tegangan rata-rata ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Harmonisa Tegangan Rata-Rata

Parameter	Waktu		
	09:00	12:00	15:00
Tegangan rata-rata (V)	213,70	207,87	224,50

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa beban Gedung Administrasi FTI Universitas Jayabaya memiliki perbedaan nilai disetiap fasa. Nilai tegangan tertinggi terjadi pada pukul 15:00 wib sebesar 224,50 V. Beban yang tidak seimbang tersebut dapat menimbulkan rugi-rugi pada netral yang besarnya dapat dihitung menggunakan Persamaan 4.

Tabel 12. Rekapitulasi Data Hasil Pengukuran

No	Parameter	Hasil				Standar Acuan	Lulus		Standar
		Waktu (WIB)			Rata-rata		Ya	Tidak	
		09:00	12:00	15:00					
A	ARUS								
	Fasa R-S-T (A)	75,47	93,63	47,9	72,33	≤ 2309,04 A	√	100% of Full Load I Full Load = 2309,04 A	
B	TEGANGAN								
	Fasa R-S-T (V)	213,7	208,9	224,5	215,36	± 10%	√	SPLN-1:1995	
C	DAYA								
1	Daya Semu (S, KVA)	15,8	19	10,85	15,22	≤ 3500 KVA	√		
2	Daya Aktif (P, KW)	15,57	18,63	10,62	14,94			100% of Full Load	
3	Daya Reaktif (Q, KVAR)	2,07	2,7	1,93	2,23				
4	Faktor Daya (PF, %)	0,98	0,98	0,98	0,98	≥ 0,85	√	85% of Apparent Power	
D	FREKUENSI								
	Frekuensi (Hz)	50	49,93	50,17	50,03	50 Hz (60Hz)		IEC 6100-2-1-1990	
E	THD-V								
	Fasa R-S-T (%)	2,57	2,9	1,73	2,4	≤ 5%	√	IEEE, 519-2014	
F	THD-I								
	Fasa R-S-T (%)	5,63	5,2	7,57	6,13	≤ 15%	√	IEEE, 519-2014	

$$P \text{ Netral} = I_N^2 R_N$$

$$P \text{ Netral} = (51,4)^2 \times 0,6842 = 1807,629 \text{ Watt} = 1,808 \text{ KW}$$

(pada jam 09:00 wib)

$$P \text{ Netral} = (58,2)^2 \times 0,6842 = 2317,549 \text{ Watt} = 2,318 \text{ KW}$$

(pada jam 12:00 wib)

$$P \text{ Netral} = (28,45)^2 \times 0,6842 = 553,7933 \text{ Watt} = 0,554 \text{ KW}$$

(pada jam 15:00 wib)

Tegangan yang diizinkan turun sebesar 10 % dan naik sebesar 5% dari tegangan standar 220 V dengan demikian tegangan masih dalam batas tegangan yang diperbolehkan berkisar antara 198-231 V. Dimana hasil pengukuran berada pada tegangan 213,70 V pada fasa R, 207,87 V pada fasa S dan 224,50 V pada fasa T.

3.6. Analisis Hasil Total Distorsi Harmonisa

Total Harmonic Distortion (THD) adalah perbandingan komponen harmonisa total terhadap komponen fundamental. Memahami THD adalah salah satu cara yang paling efektif untuk menggunakan listrik yang baik dan benar. Berikut rekap data hasil pengukuran THD di Gedung Adminitrsi FTI ditunjukkan pada Tabel 11.

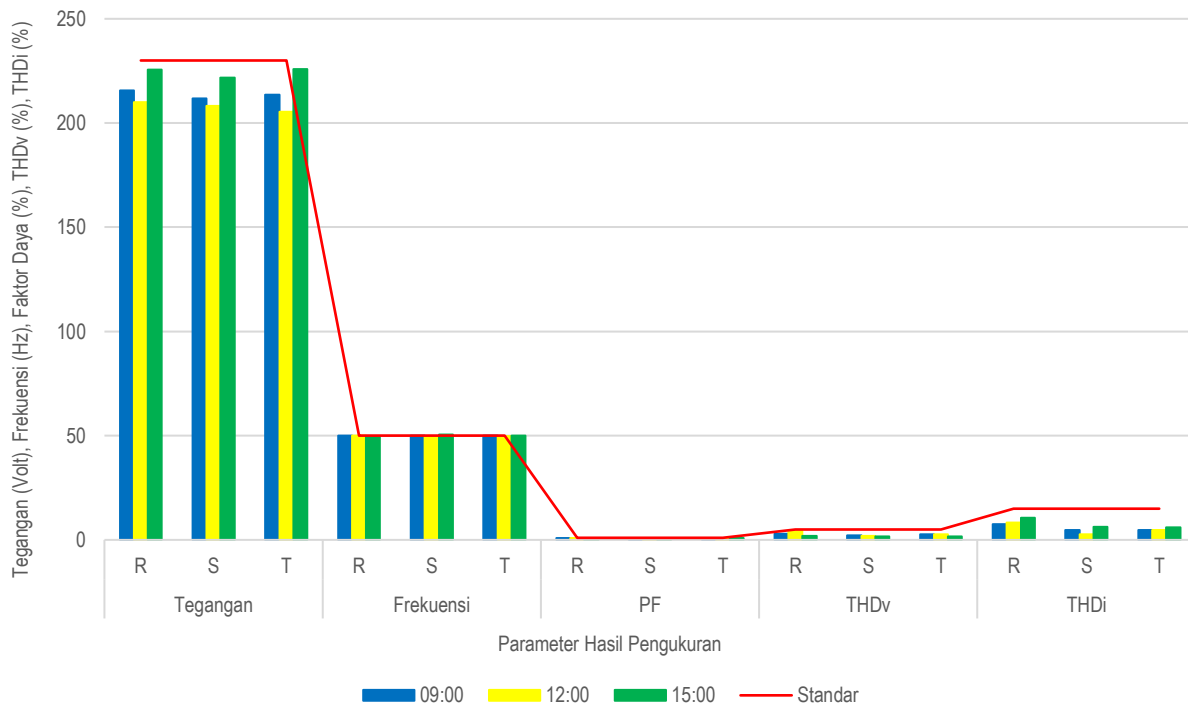
Tabel 11. Hasil Analisis THD_V (%) dan THD_I (%)

Parameter	Waktu (wib)								
	09:00			12:00			15:00		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T
THD _V (%)	2,9	4,3	1,9	2,1	2	2	2,1	2,6	1,7
THD _I (%)	7,6	8,2	10,5	4,7	3	6	4,6	4,8	5,9

Tabel diatas menunjukkan bahwa data setiap waktu pengukuran terhadap Distorsi Total Harmonisa Arus (THD_I) tidak melebihi nilai batas izin standar IEEE 519-2014 yaitu < 15% dan nilai Distorsi Total Harmonisa Tegangan (THD_V) memenuhi nilai batas izin yaitu < 5%.

3.7. Analisis Rekapitulasi Hasil Pengukuran

Kualitas daya suatu gedung sangat penting diukur sesuai standar untuk mengetahui baik dan buruknya kualitas pasokan tenaga listrik, yang digunakan. Berikut rekap data hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 12.



Gambar 5. Grafik Analisis Hasil Pengukuran

Tabel 12 menunjukkan bahwa kualitas daya sistem jaringan listrik di Gedung Administrasi FTI Universitas Jayabaya dalam kondisi stabil. Kualitas daya yang baik akan memberikan nilai kompensasi energi yang rendah dan penghematan energi [13]. Nilai tegangan rata-rata sebesar 215,36 V, memenuhi batas izin standar SPLN-1-1995. Untuk nilai faktor daya mendekati nilai 1 dan bernilai positif, sehingga masih memenuhi standar SPLN 70-1-1985. Nilai frekuensi rata-rata sebesar 50 Hz, memenuhi batas izin standar IEC 6100-2-1-1990 pada setiap fasa. Nilai THD_V rata-rata sebesar 2,4%, memenuhi batas izin standar IEEE 519-2014 yaitu $< 5\%$ dan nilai THD_I rata-rata sebesar 6,13%, memenuhi batas izin standar IEEE 519-2014 yaitu $< 15\%$. Untuk lebih jelasnya analisis hasil pengukuran di Gedung Administrasi FTI Universitas Jayabaya diperlihatkan pada Gambar 5.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis di Gedung Administrasi FTI Universitas Jayabaya dalam kondisi stabil. Penggunaan kapasitor bank memberikan dampak yang signifikan dengan hasil pengukuran antara lain: nilai tegangan memenuhi standar SPLN-1-1995 tertinggi sebesar 224,50 V pada fasa T dengan batas izin antara 198-231 V, nilai frekuensi memenuhi standar IEC sebesar 50 Hz; nilai THD_V tegangan memenuhi standar IEEE 519-2014 sebesar 2,4% dengan batas izin $< 5\%$, dan nilai THD_I memenuhi standar sebesar 8,2% dibawah batas izin $< 15\%$.

Kualitas daya sistem kelistrikan trafo dalam kondisi yang cukup baik. Namun, peningkatan rugi-rugi pada kawat netral tertinggi terjadi di jam 12:00 wib sebesar 2,318 KW, sehingga ketidakseimbangan beban yang cukup signifikan dimana beban fasa T hampir dua kali beban fasa R. Pengecekan sistem jaringan perlu dilakukan secara rutin agar menghindari dampak harmonisa terhadap alat elektronik.

Referensi

- [1]. A. K. Wardhany, D. Monika, and L. Gumilar, "Penerapan IEEE 519-2014 Terhadap Identifikasi Distorsi Harmonisa Pada Transformator 3 Fasa," *J. Tek. Elektro J. Tek. Elektro*, vol. 12, no. 2, 2022 pp. 1–10.
- [2]. F. M. Anu, G., & Fernandez, "Identification of Harmonic Injection and Distortion Power at Customer Location," *Proc. Int. Conf. Harmon. Qual. Power*, vol. July, no. 4, pp. 1–10, 2020, doi: 10.1109/ICHQP46026.2020.9177869.
- [3]. IEEE, *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, vol. 2009, no. June. 2009. doi: 10.1109/IEEESTD.2009.5154067.
- [4]. R. Sinambela, "Maintenance Scorecard Approach And Analytical Hierarchy Process Method For Determining The Weight Of The Key Performance Indicator," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 209, no. 4, pp. 1–3, 2023, doi: 10.14710/transient.v9i4.526-531.
- [5]. T. Harianto, Y. Shalahuddin, and D. A. Widining K., "Filter Pasif Single Tuned LC sebagai Kompensator Harmonisa Pada Beban Listrik Rumah Tangga Menggunakan Matlab Simulink," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 7, no. 1, p. 127, 2018, doi: 10.36055/setrum.v7i1.3416.

- [6]. Z. W. Ramli, S. Handoko, and A. A. Zahra, "Analisis Dan Perancangan Mitigasi Harmonik Tegangan Dan Arus Di Poltekkes Kemenkes Semarang," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 312–318, 2021, doi: 10.14710/transient.v10i2.312-318.
- [7]. Y. M. Al-Sharif, G. M. Sowilam, and T. A. Kawady, "Harmonic Analysis of Large Grid-Connected PV Systems in Distribution Networks: A Saudi Case Study," *Int. J. Photoenergy*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/8821192.
- [8]. H. Sugiarto, "Kajian Harmonisa Arus Dan Tegangan Listrik di Gedung Administrasi Politeknik Negeri Pontianak," *Tek. Elektro Politek. Negeri Pontianak*, vol. 8, no. 2, pp. 80–89, 2012.
- [9]. P. Q. Analyzer, *Fluke 43B Power Quality Analyzer*, no. April 2001. 2001.
- [10]. PT. Perusahaan Listrik Negara and (Persero), "SPLN - Tegangan Rendah 1995," 1995, pp. 1–12.
- [11]. I. E. Commission, "IEC 61000-2-1: Electromagnetic compatibility (EMC) -Part 2:Environment – Section 1: Description of the environment –Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems," vol. 1990, 1990.
- [12]. PT PLN (Persero), "SPLN-Faktor Daya 1985," in *Spln 70-I:1985*, 1985, pp. 1–12.
- [13]. H. A. A. Wicaksono, S. Handoko, and A. A. Zahra, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Dan Nilai Tegangan Di Poltekkes Semarang," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 327–334, 2021, doi: 10.14710/transient.v10i2.327-334.
- [14]. IEEE, *IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems*, vol. 2014. New York,: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, 2014.
- [15]. PT. PLN (persero), "Standar PLN SPLN D5.004-1:2012," in *PT. PLN (persero)*, no. 50, 2012, pp. 1–40.
- [16]. R. C. Dugan, *Electrical power systems*. 2004. doi: 10.1007/978-3-319-51118-4_1.
- [17]. Y. Esye and S. Lesmana, "Analisa Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan," *J. Sport. J. Penelit. Pembelajaran*, vol. XI, no. 1, 2021, pp. 103–113.
- [18]. Lisiani, A. Razikin, and Syaifurrahman, "Identifikasi dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi)," *J. Untan*, vol. 1, no. 3, 2020 pp. 1–9.
- [19]. M. Z. Mohd Radzi, M. M. Azizan, and B. Ismail, "Observatory case study on total harmonic distortion in current at laboratory and office building," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1432, no. 1, pp. 1–10, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1432/1/012008.
- [20]. Y. Shklyarskiy, Z. Hanzelka, and A. Skamyin, "Experimental study of harmonic influence on electrical energy metering," *Energies*, vol. 13, no. 21, pp. 1–13, 2020, doi: 10.3390/en13215536.