

Studi Kualitas Daya Listrik di Gedung Pasca Sarjana Universitas PGRI Semarang

Fikri Satriawan^{1*},

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Univeritas PGRI Semarang

Jl. Sidodai Timur No.24-Dr.Cipto, 50232, Semarang

Email: fikrisatriawan3@gmail.com

ABSTRAK

Kualitas daya listrik menjadi hal yang sangat penting untuk kita perhatikan bersama karena berkenaan dengan tegangan, arus, deviasi frekuensi yang dapat mengakibatkan kegagalan dalam pengoperasian sistem tenaga listrik. Faktor dominan pada pertimbangan efisiensi kualitas daya listrik pada distribusi listrik pada sebuah gedung adalah distorsi harmonik dan distorsi ketidakseimbangan. Gedung Pasca Sarjana merupakan salah satu gedung yang dimiliki Universitas PGRI Semarang, bangunan ini merupakan gedung perkuliahan yang memiliki fasilitas banyak beban peralatan listrik. Selain dimanfaatkan oleh mahasiswa secara langsung dalam perkuliahan, juga bagi tenaga kependidikan dan dosen bekerja. Meskipun puncak aktivitas pada gedung ini pagi hingga siang hari, namun menjadi perhatian terkait layanan kontinuitas kualitas yang baik dari listrik yang mengalir agar perkuliahan dan kinerja dapat berjalan dengan baik. Penelitian ini dilakukan dengan pengukuran menggunakan alat power quality analyzer yang di pasang pada panel utama Gedung Pasca Sarjana Universitas PGRI Semarang. Ketidakseimbangan tegangan pada Gedung Pasca Sarjana Universitas PGRI Semarang apabila dibandingkan dengan standar yang berlaku dapat disimpulkan dalam kondisi baik atau sesuai standart. Kemudian ketika dalam kondisi beban maksimal ketidakseimbangan arusnya dalam kondisi buruk, sebaliknya ketika dalam kondisi minimum ketidakseimbangan arusnya dalam kondisi baik, dengan rata-rata ketidakseimbangan arusnya sebesar 11.3%. Dari hasil perhitungan rugi-rugi daya, dapat diketahui semakin besar ketidakseimbangan beban yang terjadi maka akan semakin besar rugi daya pada trafo. Kualitas daya listrik pada gedung pasca sarjana universitas PGRI Semarang masih bisa dikatakan cukup baik, karena beberapa parameter masih berada pada standart nasional, namun masih ada parameter yang perlu di perhatikan karena beberapa diatas ambang standart, yaitu pada ketidakseimbangan beban pada arus, sehingga menyebabkan arus netral dan menimbulkan rugi-rugi daya.

Kata Kunci: Kualitas daya listrik, Ketidakseimbangan beban, Rugi-rugi daya netral

PENDAHULUAN

Energi pada dasarnya sangat dibutuhkan dalam kehidupan manusia. Energi tidak dapat terlepas dari banyak aspek contohnya dalam dunia industry yang sangat membutuhkan energi. Energi yang paling banyak dibutuhkan adalah energi listrik. Energi listrik merupakan salah satu faktor sangat penting dalam operasional dalam perusahaan maupun instansi lain karena memiliki ketergantungan tinggi terhadap kebutuhan energi listrik untuk menunjang operasional perusahaan.

Sebagian Produsen energi listrik di Indonesia menggunakan sumber bahan bakar energi fosil seperti batu bara dan minyak bumi. Sumber energi fosil tidak dapat diperbaharui, sehingga mengakibatkan cadangan energi di bumi semakin berkurang bahkan bisa habis. Maka semua pihak tentu perlu melakukan efisiensi energi guna menekan kebutuhan energi sehingga dapat melakukan penghematan listrik.

Pada dasarnya audit energi merupakan salah satu upaya konservasi energi dan lingkungan yang berfokus pada kegiatan survei untuk mendapatkan informasi dan data yang menjelaskan gambaran penggunaan energi apakah nanti ada peluang untuk meningkatkan kualitas energi.

Faktor dominan pada pertimbangan efisiensi kualitas daya listrik pada distribusi listrik di sebuah gedung adalah distorsi harmonik dan distorsi ketidakseimbangan.

Gedung Pasca Sarjana merupakan salah satu gedung yang dimiliki Universitas PGRI Semarang, bangunan ini merupakan gedung perkuliahan yang memiliki fasilitas banyak beban peralatan listrik.

Gedung Pasca Sarjana merupakan salah satu gedung yang dimiliki Universitas PGRI Semarang, bangunan ini merupakan gedung perkuliahan yang memiliki fasilitas banyak beban peralatan listrik. Meskipun puncak aktivitas pada gedung ini pagi hingga siang hari, namun menjadi perhatian terkait layanan kontinuitas kualitas yang baik dari listrik yang mengalir agar perkuliahan dan kinerja dapat berjalan dengan baik.

STUDI PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Taufik Yunanto (2017) dengan judul "Studi Peluang Efisiensi Konsumsi Energi Listrik PT SAI Semarang". Pada penelitian ini ditemukan beberapa nilai kualitas daya listrik yang berada dibawah nilai standar yang berlaku, yaitu ketidakseimbangan tegangan dan ketidakseimbangan arus. Kondisi tersebut bisa diminimalisir dengan penyeimbangan beban pada masing-masing fasa. Nilai faktor daya pada substation 1,2 dan 3 juga berkisar pada 0,85, dengan perbaikan faktor daya akan dihasilkan penghematan energi sebesar 5.774,5 kWh/tahun. Selain pada kualitas daya listrik terdapat potensi penghematan energi listrik dengan penggunaan peralatan hemat energi.

Penggantian peralatan hemat energi tersebut berupa mengganti mesin jahit motor induksi menggunakan motor servo, menghasilkan penghematan energi sebesar 616.223 kWh/tahun. Mengganti lampu TL 36 Watt menggunakan lampu LED 16 Watt menghasilkan penghematan energy sebesar 449.687 kWh/tahun.

A. Kualitas Daya Listrik

Menurut Roger C. Dugan, 1996. Istilah kualitas Daya listrik merupakan gambaran suatu konsep tentang baik buruknya sebuah mutu daya listrik akibat adanya beberapa jenis gangguan yang terjadi pada sebuah sistem kelistrikan. Kualitas daya listrik adalah setiap masalah daya listrik yang berbentuk penyimpangan tegangan, arus atau frekuensi yang mengakibatkan kegagalan ataupun kesalahan operasi pada peralatan-peralatan yang terjadi pada konsumen. Permasalahan kualitas daya listrik disebabkan oleh gejala-gejala atau fenomena-fenomena elektromagnetik yang terjadi pada sistem tenaga listrik. Gejala elektromagnetik yang menyebabkan permasalahan kualitas daya adalah:

1. Ketidakseimbangan tegangan
2. Ketidakseimbangan arus
3. Faktor Daya
4. Distorsi Harmonik Total (DHT) Tegangan
5. Distorsi Harmonik Total (DHT) Arus

Kondisi kualitas daya suatu sistem kelistrikan sangat berpengaruh terhadap kondisi peralatan listrik yang digunakan, maka dari itu kondisi kualitas daya harus selalu dijaga pada nilai standar yang berlaku. Parameter-parameter kualitas daya listrik pada kondisi steady state secara umum adalah sebagai berikut:

- a) Frekuensi (Hz)
- b) egeangan (Volt)
- c) Harmonisa
- d) Faktor Daya (Cos phi)

METODE/DESAIN

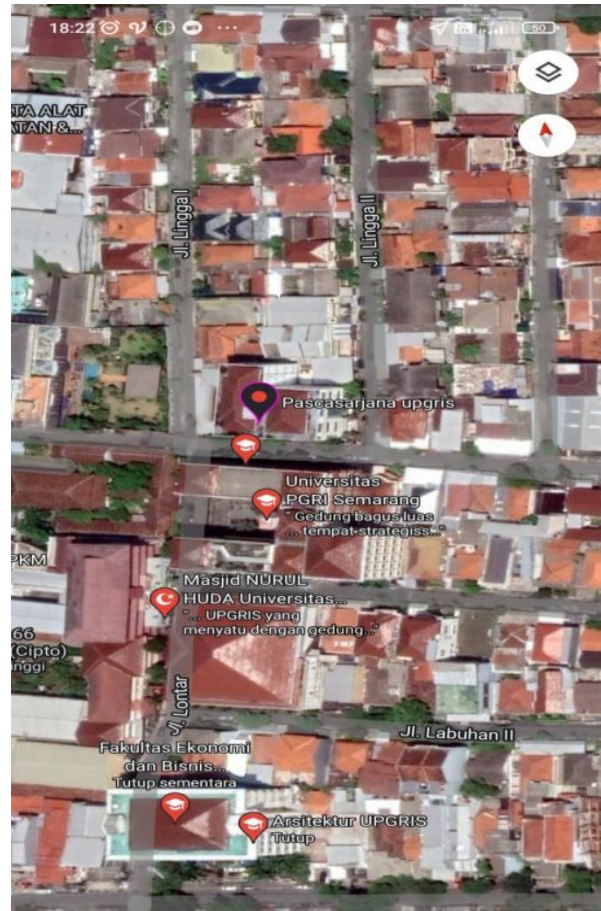
Penelitian ini dilakukan dengan pengukuran menggunakan alat power quality analyzer yang di pasang pada panel utama Gedung Pasca Sarjan Universitas PGRI Semarang.



Gambar 1 Power Quality Analyzer

Data Sekunder adalah data yang diperoleh atau bersumber dari melalui media perantara berupa buku, jurnal, atau refrensi skripsi terdahulu yang relevan dengan pembahasan topik ataupun yang terdapat pada lapangan di Gedung Pasca Sarjana Universitas PGRI Semarang

Data Primer adalah data penilitian yang diperoleh melalui observasi langsung dari sumber aslinya berupa wawancara, jejak pendapat individu atau kelompok maupun hasil pengujian, kejadian, dari suatu objek. Pada penelitian kali ini pengambilan data primer dilakukan pengukuran pada panel MDP Gedung Pasca Sarjana Universitas PGRI Semarang Penelitian ini dilakukan pada Gedung PASCA SARJANA, yang terletak di Jl. Lingga No. 4 – 10, Karangtempel, Kec. Semarang Timur, Kota Semarang, Jawa Tengah



Gambar 2 Lokasi Gedung Pasca Sarjana Universitas PGRI Semarang

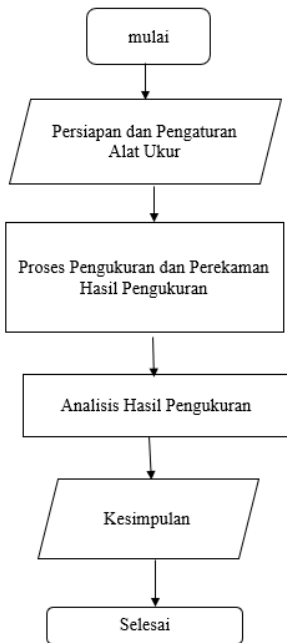
Populasi diartikan sebagai wilayah generalisasi yang terdiri dari objek atau subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Populasi dalam penelitian ini adalah mengukur kualitas daya listrik yang ada di Gedung PASCA SARJANA Universitas PGRI Semarang.

Sampel ini merupakan bagian dari populasi. Dalam penelitian ini sampel yang digunakan adalah menghitung kualitas daya listrik pada Gedung PASCA SARJANA Universitas PGRI Semarang dengan mengambil sampel data lapangan.

Pada penelitian ini dilakukan serangkaian proses pengambilan data primer dan data sekunder. Pengambilan data primer dilakukan pada awal penelitian dengan cara melakukan koordinasi dan meminta izin kepada bagian Rumah tangga Universitas PGRI Semarang terkait data primer yang dibutuhkan untuk penelitian.

Digunakan untuk pengukuran daya aktual pada peralatan listrik, dan MDP. Spesifikasi dari power quality analyzer antara lain sebagai berikut:

Tipe	: Acuvim II
Daya	: 9999MW
Tegangan	: 10V – 1000V
Arus	: 5mA – 50000A
Frekuensi	: 50000 Hz
Harmonisa	: THD arus dan tegangan



Gambar 3 Flowchart Penelitian

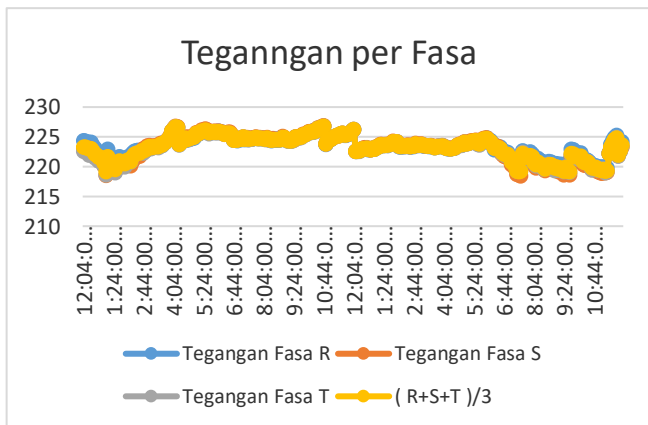
Pengolahan data menggunakan perhitungan yang telah ada dalam literatur skripsi ini yaitu pada tinjauan pustaka. Data yang diolah merupakan data primer yang mana data tersebut langsung diambil dari Gedung Pasca Sarjana Universitas PGRI Semarang.

Analisis data ini dilakukan dengan membandingkan data primer yang telah diambil pada lapangan lalu dibandingkan data standarisasi dari efisiensi objek tersebut

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Ketidakeimbangan Tegangan

Ketegangan akan dianalisis dengan menggunakan Persamaan. Data ketidakeimbangan tegangan diambil selama 24 jam dengan rentang data 5 menit. Berikut adalah grafik tegangan pada MDP Gedung Pasca Sarjana Universitas PGRI Semarang :



Gambar 4 Grafik data pengukuran tegangan per fasa

Untuk hasil perekaman data pengukuran tegangan per fasa seperti terlihat pada Gambar 4. Dari data tegangan per fasa yang ditunjukkan pada Gambar 4, diperoleh nilai tegangan pada ketiga fasa seperti pada Tabel 1

Tabel 1 Nilai tegangan per fasa

Nilai	Tegangan per fasa (v)		
	R	S	T
Maksimum	226.71	226.79	226.73
Minimum	219.58	218.4	218.58
Rata-rata	223.39	223.13	223.13

Setelah kita mengetahui data tegangan per fasa, dengan mengambil contoh data tegangan pada jam 13.14 WIB, akan dibuat contoh perhitungan nilai ketidakeimbangan tegangan sebagai berikut :

Tabel 2 Tegangan per fasa

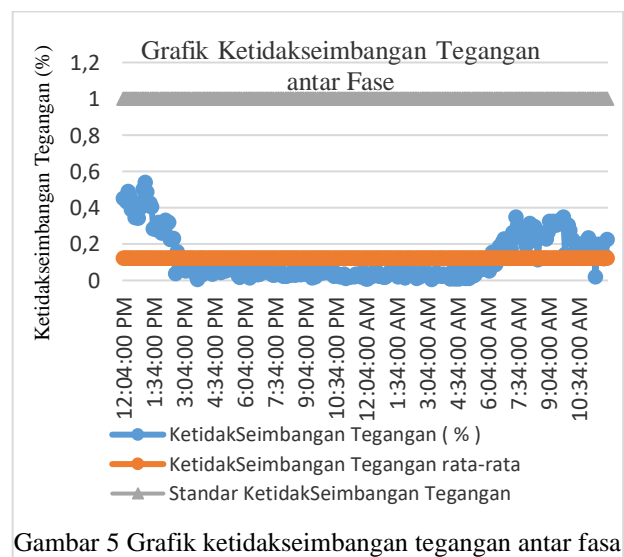
Jam	Tegangan per fasa (V)			Rata - rata
	R	S	T	
13.14	221.78	220.08	220.26	220.71

Berdasarkan standar ANSI/ NEMA MG 1, nilai ketidakeimbangan tegangan dibatasi dibawah 1% untuk dapat mengoperasikan motor tiga fasa sesuai dengan daya rating nya. Lalu apabila dibandingkan dengan standard ANSI/ NEMA MG 1 nilai ketidakeimbangan tegangan Gedung Pasca Sarjana Universitas PGRI Semarang pada jam 13.09 sudah sesuai dengan standard. Dengan cara yang sama diperoleh hasil perhitungan ketidakeimbangan tegangan sebagaiberikut:

Tabel 3 Hasil perhitungsn Ketidakeimbangan tegangan

Kondisi	Tegangan (V)			Ketidakseimbangan Tegangan	Ket
	R	S	T		
Max	222.84	220.92	221.17	0.54%	Sesuai
Min	223.39	223.39	223.4	0.003%	Sesuai
Rata-rata				0.12%	Sesuai

Dari Tabel 3, yang dimaksud kondisi maksimum, minimum, dan rata-rata adalah nilai ketidakeimbangan tegangan maksimum, minimum, dan rata-rata yang terdapat pada MDP Gedung Pasca Sarjana Universitas PGRI Semarang yang diukur selama 24 jam pengambilan data menggunakan PQA meter dengan rentang data per 5 menit.

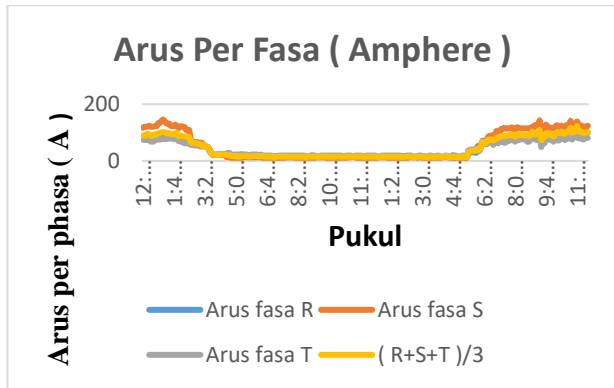


Gambar 5 Grafik ketidakeimbangan tegangan antar fasa

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 3 dan Gambar 5, diketahui besar ketidakseimbangan tegangan pada Gedung Pasca Sarjana Universitas PGRI Semarang apabila dibandingkan dengan standar ANSI/ NEMA MG 1 dapat disimpulkan dalam kondisi baik atau sesuai standar.

B. Ketidakseimbangan Arus

Ketidakseimbangan arus akan dianalisis dengan menggunakan Persamaan. Data ketidakseimbangan arus diambil selama 24 jam dengan rentang data 5 menit. Berikut adalah grafik arus pada MDP Gedung Pasca Sarjana Universitas PGRI Semarang :



Gambar 6 Grafik data pengukuran arus per fasa

Untuk hasil perekaman data pengukuran tegangan per fasa seperti terlihat pada Gambar 6. Dari data tegangan per fasa yang ditunjukkan pada Gambar 6 diperoleh nilai tegangan pada ketiga fasa seperti pada Tabel 4

Tabel 4 Arus per fasa

Nilai	Arus per fasa (A)		
	R	S	T
Maksimum	132.67	146.06	97.169
Minimum	11.049	10.92	14.21
Rata - rata	41.61	52.02	40.04

Setelah diketahui data arus per fasa, dengan mengambil contoh data arus pada jam 13.09 WIB, akan dibuat contoh perhitungan nilai ketidakseimbangan arus sebagai berikut :

Tabel 5 Arus per fasa

Jam	Arus per fasa (V)			Rata-rata
	R	S	T	
13.09	83.61	146.06	76.84	102.17

Berdasarkan ANSI/ NEMA MG 1, disebutkan apabila motor tiga fasa dioperasikan pada tegangan pengenal, frekuensi pengenal, dan daya keluaran sesuai dengan rating nya, maka masukan arus tidak boleh berbeda dari nilai nameplate lebih dari 10%. Apabila dibandingkan dengan standard ANSI/NEMA MG 1 nilai ketidakseimbangan arus di Gedung Pascasarjana Universitas PGRI Semarang pada jam 13.09 belum sesuai dengan standar.

Menggunakan cara yang sama diperoleh hasil perhitungan ketidakseimbangan tegangan sebagai berikut pada Tabel 6

Tabel 6 Ketidakseimbangan Arus

Kondisi	Arus (A)			Ketidakseimbangan Arus	Ket Sesuai
	R	S	T		
Max	13.12	11.54	24.74	50.23%	Tidak Sesuai
Min	48.08	49.12	48.02	1.47%	Sesuai
Rata - rata				11.3%	Tidak Sesuai

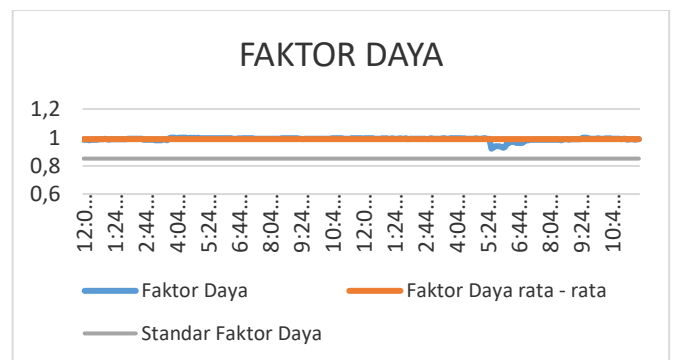
Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 5 dan Gambar grafik 6 diketahui besar ketidakseimbangan arus pada Gedung Pasca Sarjana Universitas PGRI Semarang apabila dibandingkan dengan standar beban trafo menurut surat Edaran Direksi PT. PLN (Persero) No.17 Tahun 2014 dapat disimpulkan ketika dalam kondisi beban maksimum ketidakseimbangan arusnya dalam kondisi buruk, sebaliknya ketika dalam kondisi minimum ketidakseimbangan arusnya dalam kondisi baik, dengan rata rata ketidakseimbangan arusnya sebesar 23.41%.

Tabel 7 standar ketidakseimbangan arus

Characteristic	Health index			
	Baik	Cukup	Kurang	Buruk
Ketidakseimbangan Arus Antar Fasa	<10%	10% - <20%	20% - <25%	≥25 %

C. Faktor daya

Berdasarkan analisis data yang diperoleh pada gedung PASCA Sarjana Universitas PGRI Semarang selama 24 jam dengan rentang data per 5 menit bisa dilihat pada grafik 4.4. Pada hari rabu 13 April – 14 April 2022 pada tabel 4.2, faktor daya maksimumnya adalah **0.99864584** pada pukul 3.54 PM, kemudian nilai minimumnya adalah **0.91971532** pada pukul 5.34 AM. Kemudian nilai rata-rata faktor dayanya adalah **0.987512375**, nilai ini berada diatas regulasi faktor daya berdasarkan peraturan menteri energi dan sumber daya mineral No.7 Tahun 2010 dimana nilai standarnya adalah 0.85. Maka, nilai faktor daya masih berada diatas regulasi atau dikatakan dalam kondisi bagus karena tidak berada dibawah 0.85.



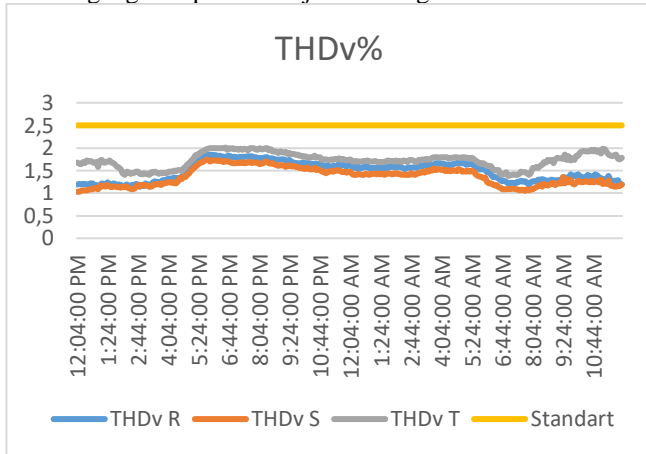
Gambar 7 Grafik faktor daya

Tabel 8 Faktor Daya

Keterangan	Faktor Daya	Time
Max	0.99864584	3:54:00 PM
Min	0.91971532	5:34:00 AM
Avg	0.987512375	

D. THD Tegangan

Nilai standar distorsi harmonik total tegangan untuk besar tegangan pada titik sambung pelanggan 69 – 139 KV adalah 2.5%, nilai ini mengacu pada Standar distorsi harmonisa yang digunakan berdasarkan standar IEEE. Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan nilai THD tegangan pada masing-masing fasa pada Gambar 4.22. Lebih lanjut untuk memudahkan dalam analisis, data dibuat menjadi tabel nilai THD tegangan seperti ditunjukkan sebagai berikut :



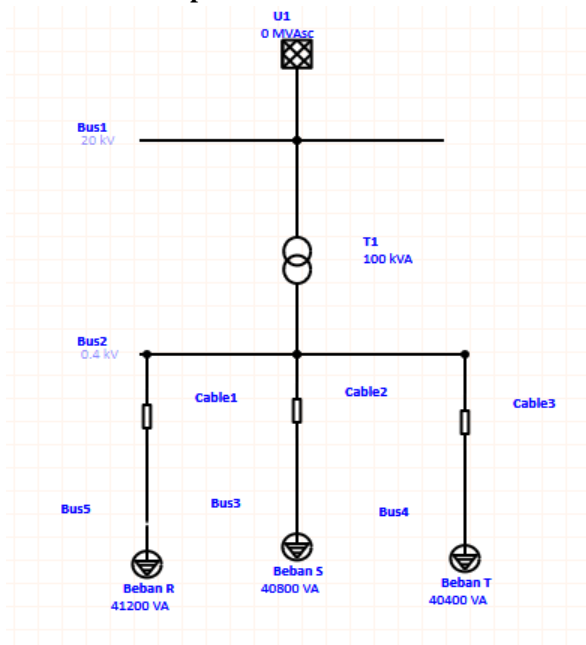
Gambar 8 Grafik THDv per fasa

Tabel 9 THDv per fasa

		Maximum	Minimum	Rata-rata	Standart
THDv	R	1.11	1.85	1.48	2.5%
	S	1.03	1.74	1.37	2.5%
	T	1.38	2.01	1.73	2.5%

Berdasarkan data hasil pengukuran distorsi harmonik tegangan pada Gambar 8 dan Tabel 9, diketahui nilai THDv pada masing-masing fasa masih sesuai dengan standar yang berlaku.

E. Simulasi Etap 19



Gambar 9 Rangkaian Simulasi

Simulasi ketidakseimbangan beban dalam software ETAP 19.0.1 bertujuan agar akibat dari ketidakseimbangan beban dapat diketahui yaitu rugi rugi daya atau losses. Simulasi yang digunakan dalam software ETAP 19.0.1 adalah simulasi Unbalanced Load Flow Analysis. Dalam penelitian ini, dibutuhkan komponen sumber yang mendukung arah aliran dari sumber menuju ke beban listrik.

Simulasi yang akan dijalankan pada ETAP 19.0.1 bertujuan untuk mengolah data serta mempermudah proses pemasukan data. Analisis yang akan disimulasikan pada ETAP 19.0.1 beban ketidakseimbangan dan rugi pada saluran. Dimana analisis tersebut dilakukan saat sebelum penyeimbangan beban dan setelah penyeimbangan beban. Data yang dinalisis yaitu hasil dari perhitungasn data yang diperoleh pada MDP Gedung pasca Sarjana Universitas PGRI Semarang. Berikut hasil dari simulasi ketidakseimbangan beban yang disimulasikan pada ETAP 19.0.1.

Branch Losses Summary Report

CKT/ Branch ID	Phase	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag	Amperes in Buried Winding
		MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To		
Cable1	A	0.018	-0.007	-0.018	0.007	0.0	0.0	97.3	97.1	0.1	
	B	0.015	0.012	-0.015	-0.012	0.0	0.0	96.8	96.5	0.3	
	C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	95.1	95.1	0.0	
Cable2	A	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	97.3	97.3	0.0	
	B	0.031	-0.013	-0.031	0.013	0.1	0.1	96.8	96.5	0.2	
	C	0.026	0.021	-0.026	-0.021	0.1	0.1	95.1	94.6	0.5	
Cable3	A	0.011	0.014	-0.011	-0.014	0.0	0.0	97.3	97.0	0.3	
	B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	96.8	96.8	0.0	
	C	0.017	-0.003	-0.017	0.003	0.0	0.0	95.1	94.9	0.2	
T1	A	0.037	-0.001	-0.029	-0.007	7.8	-7.2	100.0	97.3	2.7	0
	B	0.052	0.012	-0.046	0.001	5.2	12.8	100.0	96.8	3.2	0
	C	0.034	0.018	-0.043	-0.018	-9.2	0.5	100.0	95.1	4.9	0
						4.3	6.4				

Gambar 10 Losses Beban Tidak Seimbang

Dari Gambar 10, dapat diketahui bahwa ketika posisi atau keadaan beban tidak seimbang atau ketidakseimbangan beban rugi rugi daya (*losses*) nya sebesar 4.3 kw dan 6.4 kvar. Kemudian dilakukanlah simulasi penyeimbangan beban atau ketika beban seimbang, berikut hasilnya terlihat pada gambar 10 :

Branch Losses Summary Report

Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag	
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To		
Cable1	0.040	0.006	-0.040	-0.006	0.1	0.1	96.4	96.2	0.17	
Cable2	0.040	0.006	-0.040	-0.006	0.1	0.1	96.4	96.2	0.17	
Cable3	0.037	0.014	-0.037	-0.014	0.1	0.0	96.4	96.2	0.18	
T1	0.121	0.030	-0.118	-0.025	3.5	5.2	100.0	96.4	3.63	
						3.6	5.3			

* This Transmission Line includes Series Capacitor.

Gambar 11 Losses Beban Seimbang

Dari gambar 11, ketika sudah dilakukan simulasi penyeimbangan beban atau beban seimbang, bisa diketahui ada penurunan dari nilai rugi rugi daya (*losses*) nya, yang dimana sebelum dilakukan penyeimbangan beban, *losses* nya sebesar 4.3 kw dan 6.5 kvar, setelah dilakukan penyeimbangan beban turun menjadi 3.6 kw dan 5.3 kvar.

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch	From-To Bus Flow	From-To Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag	Amperes in Buried Winding	
		MW	Mvar	kW	kvar	From	To			
Cable1	A	0.018	-0.007	-0.018	0.007	0.0	0.0	97.3	97.1	0.1
	B	0.015	0.012	-0.015	-0.012	0.0	0.0	96.8	96.5	0.3
	C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	95.1	95.1	0.0
Cable2	A	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	97.3	97.3	0.0
	B	0.031	-0.013	-0.031	0.013	0.1	0.1	96.8	96.5	0.2
	C	0.026	0.021	-0.026	-0.021	0.1	0.1	95.1	94.6	0.5
Cable3	A	0.011	0.014	-0.011	-0.014	0.0	0.0	97.3	97.0	0.3
	B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	96.8	96.8	0.0
	C	0.017	-0.003	-0.017	0.003	0.0	0.0	95.1	94.9	0.2
T1	A	0.037	-0.001	-0.029	-0.007	7.8	-7.2	100.0	97.3	2.7
	B	0.052	0.012	-0.046	0.001	5.2	12.8	100.0	96.8	3.2
	C	0.034	0.018	-0.043	-0.018	-9.2	0.5	100.0	95.1	4.9
						4.3	6.4			

Gambar 12 Losses Beban Tidak Seimbang

Dari Gambar 12, dapat diketahui bahwa ketika posisi atau keadaan beban tidak seimbang atau ketidakseimbangan beban rugi rugi daya (losses) nya sebesar 4.3 kw dan 6.4 kvar. Kemudian dilakukanlah simulasi penyeimbangan beban atau ketika beban seimbang, berikut hasilnya terlihat pada gambar 4.7 :

Branch Losses Summary Report

Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag	
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To		
Cable1	0.040	0.006	-0.040	-0.006	0.1	0.1	96.4	96.2	0.17	
Cable2	0.040	0.006	-0.040	-0.006	0.1	0.1	96.4	96.2	0.17	
Cable3	0.037	0.014	-0.037	-0.014	0.1	0.0	96.4	96.2	0.18	
T1	0.121	0.030	-0.118	-0.025	3.5	5.2	100.0	96.4	3.63	
						3.6	5.3			

* This Transmission Line includes Series Capacitor.

Gambar 13 Losses Beban Seimbang

Dari gambar 13, ketika sudah dilakukan simulasi penyeimbangan beban atau beban seimbang, bisa diketahui ada penurunan dari nilai rugi rugi daya (losses) nya, yang dimana sebelum dilakukan penyeimbangan beban, losses nya sebesar 4.3 kw dan 6.5 kvar, setelah dilakukan penyeimbangan beban turun menjadi 3.6 kw dan 5.3 kvar.

Table 10 Sampel data yang diambil di Gedung Pasca Sarjana

Panel	Arus			Unb. Arus %	Keterangan
	R	S	T		
LT 2	38,63	23,2	9,4	41,7 %	Tidak Sesuai Standar
LT 3	39,22	23,8	8,91	45,7 %	Tidak Sesuai Standar
LT 4	36,12	18,47	16,49	34,3%	Tidak Sesuai Standar

Table Data setelah dilakukan pemindahan beban

Panel	Arus			Unb. Arus %	Keterangan
	R	S	T		
LT 3	23	23	24	1,3%	Sesuai Standar
LT 4	25	24	23	4,7%	Sesuai Standar
LT 5	24	25	24	1,4%	Sesuai Standar

Sebagai contoh perhitungan dapat diambil data pada lantai 3 Gedung Pasca Sarjana, berikut adalah hasil perhitungannya:

Koefisien a, b, c:

$$a = \frac{IR}{\text{Irata-rata}} = \frac{25}{24} = 1,042$$

$$b = \frac{IS}{\text{Irata-rata}} = \frac{24}{24} = 1$$

$$c = \frac{IT}{\text{Irata-rata}} = \frac{23}{24} = 0,9$$

$$\% \text{ketidakseimbangan} = \frac{|a - 1| + |b - 1| + |c - 1|}{3} 100\%$$

$$= \frac{|1,042 - 1| + |1 - 1| + |0,9 - 1|}{3} 100\%$$

$$= \frac{0,042 + 0 + 0,1}{3} 100\%$$

$$= 4,7 \%$$

Berdasarkan data tabel diatas pemerataan dengan pemindahan sebagian beban ke fase terendah terbukti dapat menekan angka ketidakseimbangan arus sesuai dengan standar. Oleh karena itu, rekomendasi ini dapat diimplementasikan pada Gedung Pasca Sarjana Universitas PGRI Semarang agar dapat meminimalisir ketidakseimbangan beban.

KESIMPULAN

Kualitas daya listrik pada gedung pasca sarjana universitas pgri semarang masih bisa dikatakan cukup baik, karena beberapa parameter masih berada pada standart nasional, namun masih ada parameter yang perlu di perhatikan karena berapa diatas ambang standart, yaitu pada ketidakseimbangan beban pada arus, sehingga menyebabkan arus netral dan menimbulkan rugi rugi daya. Ketika dilakukan simulasi ketidakseimbangan beban dan beban seimbang bisa diketahui bahwasanya semakin seimbang beban, semakin kecil rugi rugi daya atau losses dan sebaliknya semakin besar ketidakseimbangan beban, semakin besar pula rugi rugi daya atau losses.

REFERENSI

[1] Rahayu, N. N. (2016). Audit Energi Listrik Pada Pt. X. Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro, 1.

[2] Yudha, H. M. (2017). Kualitas Daya Listrik Pengaruh dan Penanganannya. JURNAL DESIMINASI TEKNOLOGI.

[3] Yunanto, A. T., Windarta, J., & Handoko, S. (2018). STUDI PELUANG EFISIENSI KONSUMSI ENERGI LISTRIK DI PT. SAI APPAREL SEMARANG. Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 7(1), 47-54.

[4] HARTONO, F. M. (2018). PENGUKURAN DAN ANALISIS KUALITAS DAYA LISTRIK DI PT. TECHPACK ASIA (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Semarang).

[5] Priyatama, W. A. (2018). Analisis Audit Energi Pada Rumah Sakit Umum Panti Rapih Yogyakarta

- [6] Arfrismadyo, M. (2021). STUDY PENERAPAN AUDIT DAN MANAJEMEN ENERGI TERHADAP DAYA LISTRIK DI RAYZ HOTEL UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Malang).
- [7] Jamal, J., Marlina, F. D., & Dwi, D. (2019). Audit Energi dan Analisis Peluang Penghematan Energi Listrik Pada Bagian Produksi di PT. EPFM Makasar. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 17(1), 42-47.
- [8] Kusumandaru, Darma. 2015. Daya listrik (Daya aktif, Daya Reaktif, Daya Semu). <https://kusumandarutp.blogspot.com/2015/08/daya-listrik-daya-aktif-daya-reaktif.html>, diakses pada tanggal 23 januari 2022
- [9] Badi. 2021. Pengertian Faktor Daya atau Cos Phi beserta Rumus, Simbol, Tabel, dan Cara Menghitung. <https://thecityfoundry.com/pengertian-faktor-daya-atau-cos-phi/>, diakses pada tanggal 23 januari 2022
- [10] Asmar, Asmar, and Wahri Sunanda. "Studi Kualitas Energi Listrik Gedung Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung." *Jurnal Serambi Engineering* 6.2 (2021).