



## **Pengukuran dan Analisis Ketidakseimbangan Beban serta Kualitas Daya Listrik pada Transformator 865 KVA di Universitas Muhammadiyah Semarang**

*Measurement and Analysis of Load Unbalance and Electrical Power Quality On An 865 KVA Transformer At the University of Muhammadiyah Semarang*

**Tomi Harmika<sup>1\*</sup>, Achmad Sholichan<sup>1</sup>, Luqman Assaffat<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang

\*Corresponding author : [unimustomiharmika@gmail.com](mailto:unimustomiharmika@gmail.com)

### **Abstrak**

Universitas Muhammadiyah Semarang merupakan kampus yang menggunakan energi listrik cukup besar, memiliki beberapa transformator distribusi salah satunya transformator distribusi yang terletak di gedung Fakultas Kedokteran dengan daya 865 kVA. Trafo tersebut menyuplai beberapa gedung yang ada di Universitas Muhammadiyah Semarang, antara lain yaitu gedung FK dan GKB, gedung GSG, Masjid At-Taqwa, serta Unimus Mart. Dengan pembagian beban yang cukup banyak di beberapa gedung tentunya ketidakseimbangan beban pada trafo dan kualitas daya listrik pada sistem perlu dilakukan pengukuran dan analisis. Pengukuran ketidakseimbangan beban dan kualitas daya listrik ini menggunakan alat PQ3100 Analyzer, dimana dengan alat tersebut dapat diketahui dan dianalisa tentang besaran listrik, tegangan dan arus listrik, harmonisa, faktor daya, dan ketidakseimbangan beban. Pengamatan dan pengukuran dilakukan pada Transformator 865 kVA di Universitas Muhammadiyah Semarang. Data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan standar yang berlaku dan sesuai dengan nilai yang diijinkan. Dari penelitian disimpulkan bahwa secara umum ketidakseimbangan beban serta kualitas daya listrik pada Transformator 865 kVA di Universitas Muhammadiyah Semarang dalam keadaan baik, karena memenuhi standar yang diijinkan.

**Kata Kunci :** Transformator, Ketidakseimbangan beban, Kualitas Daya Listrik, PQ3100 Analyzer

### **Abstract**

*University of Muhammadiyah Semarang is a campus that uses quite a lot of electrical energy, has several distribution transformers, one of which is a distribution transformer located in the Faculty of Medicine building with a power of 865 kVA. The transformer supplies several buildings at the Muhammadiyah University of Semarang, including the FK and GKB buildings, the GSG building, the At-Taqwa Mosque, and the Unimus Mart. With quite a lot of load sharing in several buildings, of course the load unbalance on the transformer and the electrical power quality in the system needs to be measured and analyzed. Measurement of load unbalance and electrical power quality uses the PQ3100 Analyzer, which with this tool can be known and analyzed about the amount of electricity, voltage and current, harmonics, power factor, and load unbalance. Observations and measurements were carried out on the 865 kVA Transformer at the University of Muhammadiyah Semarang. The data obtained is then compared with the applicable standards and in accordance with the allowable values. From the research it is concluded that in general the load unbalance and the electric power quality on the 865 kVA Transformer at the University of Muhammadiyah Semarang is in good condition, because it meets the permitted standards.*

**Keywords :** Transformer, Load Unbalance, Electrical Power Quality, PQ3100 Analyzer



## PENDAHULUAN

Transformator atau yang biasa disingkat trafo adalah komponen utama yang ada di dalam pendistribusian energi listrik pada jaringan tegangan rendah. Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat mengubah tegangan baik menaikkan tegangan ataupun menurunkan tegangan. Pada proses pendistribusian energi listrik fenomena ketidakseimbangan beban selalu menjadi masalah yang sangat penting. Pada pembagian pembebanan trafo sering terjadi ketidaksamaan pembagian beban tiap fasanya sehingga menyebabkan adanya ketidakseimbangan beban pada trafo yang dapat mempengaruhi kinerja trafo itu sendiri. Selain fenomena ketidakseimbangan beban, permasalahan kualitas daya listrik juga sering terjadi pada sistem pendistribusian tenaga listrik. Kualitas daya listrik yang kurang baik atau tidak memenuhi standar akan mengakibatkan pemborosan tenaga listrik bahkan dapat merusak sistem tenaga listrik.

Universitas Muhammadiyah Semarang adalah kampus yang menggunakan energi listrik cukup besar, memiliki beberapa transformator distribusi salah satunya transformator distribusi yang terletak di gedung Fakultas Kedokteran dengan daya 865 kVA. Trafo tersebut menyuplai beberapa gedung yang ada di Universitas Muhammadiyah Semarang, antara lain yaitu gedung FK dan GKB, gedung GSG, Masjid At-Taqwa, serta Unimus Mart. Dengan pembagian beban yang cukup banyak di beberapa gedung tentunya ketidakseimbangan beban pada trafo dan kualitas daya listrik pada sistem perlu diukur dan dianalisa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur dan menganalisa ketidakseimbangan dan kualitas daya listrik pada transformator 865 kVA di Universitas Muhammadiyah Semarang, dikarenakan apabila ketidakseimbangan beban dan kualitas daya listrik yang buruk dibiarkan secara berkelanjutan maka akan berdampak besar dan dapat merugikan pihak Universitas.

### **Ketidakseimbangan Beban**

Yang dimaksud dengan keadaan seimbang adalah suatu keadaan di mana Ketiga vektor arus / tegangan sama besar dan Ketiga vektor saling membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain. Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan di mana salah satu atau kedua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi. Menurut ANSI C84.1-1995 ketidakseimbangan tegangan tidak boleh lebih dari 3% pada saat tidak berbeban, dan maksimal 6% pada saat terbebani.

### **Kualitas Daya Listrik**

Kualitas daya listrik ditentukan oleh kualitas dari arus, tegangan, frekuensi, harmonisa, rugi daya, faktor daya dan pentanahan (grounding), serta kesetimbangan system. Kualitas daya listrik dapat dikatakan baik jika arus, tegangan, dan frekuensi yang terdapat di suatu tempat atau sektor selalu konstan. Tetapi pada kenyataannya arus, tegangan dan frekuensi tersebut tidak selalu bernilai konstan, tergantung pada peralatan listrik atau beban yang dipakai dan pengaturan sistem distribusi listriknya. (Assaffat, 2009: 1)

#### **1. Harmonisa**

Harmonisa merupakan gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Frekuensi dasar sistem tenaga listrik di Indonesia adalah 50 Hz, sehingga harmonisa mempunyai frekuensi dengan nilai kelipatan dari 50 Hz. Sebagai contoh, harmonisa kedua adalah gelombang dengan

frekuensi sebesar 100 Hz, harmonik ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150 Hz dan seterusnya. Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang murni atau aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmoniknya. (Assaffat, 2009: 2)

Harmonisa dapat menyebabkan suatu distorsi harmonisa, yaitu suatu gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Hal yang juga umum untuk kuantitas tunggal, *Total Harmonics Distortion* (THD), sebagai ukuran nilai efektif dari distorsi harmonisa

Nilai *Total Harmonics Distortion* (THD) dapat dihitung dengan rumus :

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{h_{Max}} M_h^2}}{M_1} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

THD : *Total Harmonic Distortion*

$M_h$  : Nilai rms Tegangan atau Arus harmonic ke-n

$M_1$  : Nilai rms Tegangan atau Arus pada frekuensi dasar

Kuantitas  $M$  dapat berupa besaran tegangan maupun besaran arus , sehingga  $THD_V$  sebagai nilai distorsi harmonisa total tegangan dan  $THD_I$  sebagai nilai distorsi harmonisa total arus listrik, dimana :

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{h_{Max}} V_h^2}}{V_1} \dots \dots \dots (2)$$

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{h_{Max}} I_h^2}}{I_1} \dots \dots \dots (3)$$

Tegangan harmonisa selalu dijadikan suatu pedoman untuk nilai dasar dari bentuk gelombang sesaat. Karena tegangan mempunyai persentase perbedaan yang kecil, di mana THD tegangan adalah pendekatan dari jumlah yang sebenarnya. Hal ini tidak berlaku untuk arus listrik, karena sebuah arus yang mempunyai nilai kecil dapat menghasilkan THD yang tinggi, sehingga tidak dapat digunakan untuk menggambarkan keadaan suatu sistem.

Tabel 1.  
Standar Distorsi Harmonisa tegangan Berdasarkan IEEE 519-1992

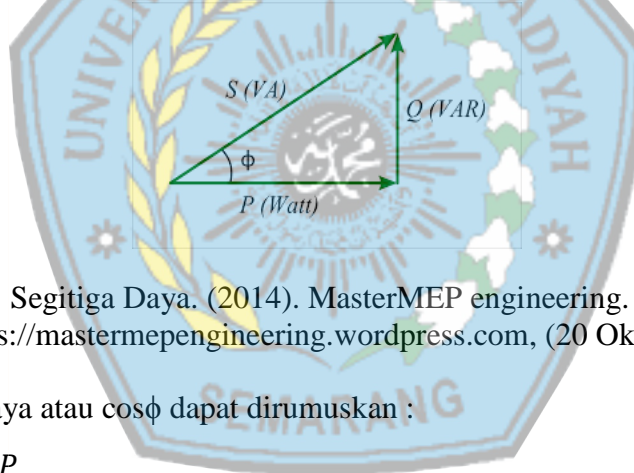
Distorsi Tegangan Harmonik dalam % Nilai Fundamental			
Tegangan PCC	<69kV	69-161kV	>161kV
THD	5.0	2,5	1,5

Data didapatkan berdasarkan standar distorsi harmonisa tegangan IEEE 519-1992

## 2. Daya dan Faktor Daya

Daya yang terukur yaitu daya semu atau daya kompleks **S** dengan satuan Volt Ampere (VA), daya nyata atau daya aktif **P** dengan satuan Watt (W) serta daya reaktif **Q** dengan satuan Volt Amper Reaktif (VAR). Faktor daya (pf) atau  $\cos\phi$  yaitu hubungan antara ketiga buah daya listrik yang dapat digambarkan dengan suatu segitiga daya seperti pada gambar di bawah ini :

Gambar 1:  
Segitiga Daya



Sumber : Segitiga Daya. (2014). MasterMEP engineering. Diakses melalui <https://mastermepengineering.wordpress.com>, (20 Oktober 2020)

Dimana faktor daya atau  $\cos\phi$  dapat dirumuskan :

$$pf = \cos\phi = \frac{P}{S} \dots \dots \dots (4)$$

Namun dengan adanya suatu distorsi harmonisa pada gelombang tegangan dan arus listrik, maka persamaan diatas tidak berlaku. Hal ini disebabkan oleh adanya distorsi tegangan dan arus yang menyebabkan terjadinya distorsi daya listrik **D** (VA), di mana :

$$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} \dots \dots \dots (5)$$

Sehingga  $\cos\phi$  digunakan untuk mengukur faktor daya dengan frekuensi dasar yang tidak mengandung harmonisa. Sedangkan pf diperuntukkan untuk mengukur faktor daya dengan frekuensi yang mengandung harmonisa.

## METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan cara pengukuran langsung menggunakan alat ukur Power Quality Analyzer PQ3100 merk HIOKI, pada sisi sekunder Transformator 865 kVA di Universitas Muhammadiyah Semarang pada waktu siang jam 14.00 dan malam jam 19.00 selama dua hari yaitu pada hari Sabtu, 21 November 2020 dan hari Senin, 23 November 2020.

Gambar 2:  
Pemasangan Alat Ukur PQ3100 Pada Sisi Sekunder Transformator 865 kVA



Sumber : Dokumentasi Pribadi

Gambar 3:  
Alat Ukur PQ3100-HIOKI



Sumber : Dokumentasi Pribadi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran terhadap besaran listrik pada sisi sekunder transformator 865 kVA di Universitas Muhammadiyah Semarang dengan menggunakan alat ukur PQ3100 analyzer diperlihatkan pada tabel berikut ini.

Tabel 2.  
Hasil Pengukuran Transformator 865 kVA, Sabtu, 21 November 2020

Parameter	Waktu Pengukuran (Jam)					
	14:00			19:00		
	R	S	T	R	S	T
Tegangan (V)	220,51	222,99	223,32	221,40	223,36	224,82
Arus (A)	135,17	141,39	114,83	123,52	131,60	111,15
Arus Netral (A)		31,39			33,24	
Unbv (%)		0,27			0,43	
THDv (%)	2,56	2,40	2,22	4,42	4,05	3,75
PF	0,9947	0,9905	0,9853	0,9855	0,9796	0,9758

Data didapatkan berdasarkan pengukuran langsung pada transformator 865 kVA di Universitas Muhammadiyah Semarang pada hari Sabtu, 21 November 2020

Tabel 3.  
Hasil Pengukuran Transformator 865 kVA, Senin, 23 November 2020

Parameter	Waktu Pengukuran (Jam)					
	14:00			19:00		
	R	S	T	R	S	T
Tegangan (V)	220,05	223,01	224,09	223,22	225,50	226,81
Arus (A)	327,55	245,68	250,24	119,92	122,60	104,41
Arus Netral (A)		78,27			29,52	
Unbv (%)		0,59			0,45	
THDv (%)	2,59	2,43	2,13	4,47	4,21	3,76
PF	0,9967	0,9937	0,9951	0,9842	0,9836	0,9692

Data didapatkan berdasarkan pengukuran langsung pada transformator 865 kVA di Universitas Muhammadiyah Semarang pada hari Senin, 23 November 2020

Berdasarkan hasil pengukuran pada sisi sekunder transformator 865 kVA dapat dilihat bahwa besarnya tegangan pada pukul 14.00 dan 19.00 baik pada hari Sabtu maupun pada hari Senin rata-rata diatas 220 V, dan dianggap masih ideal. Arus pada transformator 865 kVA dalam kondisi kurang seimbang. Hal ini ditandai dengan adanya perbedaan nilai arus tiap fasa terutama pada fasa R pukul 14.00 hari Senin yang terlihat paling tinggi. Pada netral terdapat arus listrik yang tinggi pada pukul 14.00 hari Senin yaitu sebesar 78,27 A.

Dari hasil pengukuran ketidakseimbangan beban diperoleh hasil bahwa ketidakseimbangan beban pada kedua hari baik pukul 14.00 maupun 19.00 masih dalam batas standar yang diijinkan yaitu sebesar 6% pada sistem yang terbebani. Sedangkan hasil pengukuran terhadap daya, faktor



daya memperlihatkan hasil yang baik, dimana factor daya semuanya diatas 0,9. Hasil pengukuran kualitas daya daya listrik pada tabel diatas memperlihatkan bahwa THD tegangan pada semua fasa dibawah 5%, sehingga THD pada sistem dapat dikategorikan baik, karena masih berada pada standar yang diijinkan sesuai dengan tabel 1. yaitu dengan tegangan PCC (*Point of Common Coupling*) dibawah 69kV sebesar 5.0%.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran dan analisa ketidakseimbangan beban serta kualitas daya listrik pada transformator 865kVA di Universitas Muhammadiyah Semarang, dapat ditarik kesimpulan bahwa kualitas tegangan dalam keadaan baik namun kualitas arus masih dalam kondisi kurang seimbang. Ketidakseimbangan beban masih dalam batas standar yang diijinkan dan dengan faktor daya yang sangat baik serta tingkat distorsi harmonisa tegangan masih berada pada standar yang diijinkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- AR, Ashar. 2018. “Analisis Kualitas Daya Listrik Pada Gedung Teknik Elektro Kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang” dalam Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M) 2018 (Hal. 45–49). Makassar.
- Assaffat, Luqman. 2009. “Pengukuran Dan Analisa Kualitas Daya Listrik Di Paviliun Garuda Rumah Sakit Dr. Karyadi Semarang” dalam Vol 2, No 1 (Hal. 18-23). Semarang: MEDIA ELEKTRIKA.
- Engineering. 2014. *Segitiga Daya (Online)*, (<https://mastermepengineering.wordpress.com>, diakses tanggal 20 Oktober 2020)
- Saputro, A. E. Y. 2018. “Analisis pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap efisiensi transformator distribusi di PT. PLN (persero) rayon palur karanganyar” dalam, (Hal 1–15). Surakarta.