



## ANALISA KUALITAS DAYA TRANSFORMATOR 1 MVA DAN 200 KVA DI UPT BALAI YASA SURABAYA GUBENG

Rani Iswahyu Ramadini<sup>1</sup>, Gatut Budiono<sup>2</sup>, Izzah Aula Wardah<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya  
 Jl. Semolowaru 45 Surabaya INDONESIA

Telp. +62-031-5931800

E-mail: [1raniramadini15@gmail.com](mailto:raniramadini15@gmail.com), [2gatut\\_budiono@untag-sby.ac.id](mailto:gatut_budiono@untag-sby.ac.id), [3iwardah@untag-sby.ac.id](mailto:iwardah@untag-sby.ac.id)

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Article entry : 07-12-2023  
 Article revised : 07-20-2023  
 Article received : 09-12-2023

#### Keywords :

*Efficiency, Power, Standards, Transformer.*

### ABSTRACT

UPT Balai Yasa Surabaya Gubeng has electrical equipment with non-linear load characteristics, which may affect power rating in accordance with PLN and IEEE 519 – 2014 standards. Non-linear loads result in non-compliant power quality parameter values such as voltage, power factor, frequency, and harmonics. The efficiency of the transformer is also determined. due to the generated power from the transformer to the load. This study was conducted by collecting and processing data from LVMDP. It was found that several parameters did not comply with PLN standards. The power factor of LVMDP 1 MVA and LVMDP 200 KVA are 0.8 and 0.7 respectively. Meanwhile, all voltage and frequency of 1 MVA and 200 KVA LVMDP are still according to PLN standards. Whereas, the harmonics of LVMDP 1 MVA THDi R phase (26.18%), S phase (18.83%), THDv T phase (8.86%), and LVMDP 200 KVA THDv T phase (5.58%) are not in accordance with IEEE 519 – 2014 standards. Thus, single tuned filter were simulated which reduce the harmonics of the systems and increase the efficiency of the transformer.

### 1. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi kelistrikan terdapat banyak peralatan elektronik yang menggunakan komponen elektronika daya dengan berkarakteristik beban non linier. Adanya beban tersebut menimbulkan gelombang non-sinusoidal terdistorsi dan menyebabkan nilai parameter kualitas daya tidak sesuai standar (Rasyid & Muhammad, 2021).

Kualitas daya listrik dijadikan sebagai penilaian dari sebuah sistem kelistrikan dengan acuan standar PLN dan IEEE 519 – 2014 dimana tegangan yang diijinkan SPLN +5% dan -10% sedangkan standar IEEE 519 – 2014 memiliki batas *total harmonic distortion* (THD) pada suatu sistem tenaga listrik maksimum THDv 5% dan THDi 20%. Frekuensi negara Indonesia menggunakan frekuensi 50 Hz dan standar PLN menetapkan faktor daya bernilai 0,85 sampai 1,00 (Hikam, 2021).

Hermawan et. al. (2022) menganalisis dengan melakukan pengukuran pada jam tertentu dimulai pukul 09.00 hingga 18.00, hasilnya menyatakan bahwa pembagian beban masih belum seimbang

sehingga berdampak pada presentase ketidakseimbangan beban mencapai 120% dan membuat arus pada netral mendekati dengan hasil arus setiap fasanya. Selain itu, nilai dari TDD perfasa melebihi dari standar 15% yaitu fasa R (105,80%), S (119,35%), T (59,57%).

Dalam penelitian Irwanto (2022) pada jam tertentu pukul 09.00, 11.00, 13.00, 15.00 WIB dengan data parameter arus, tegangan, harmonisa arus dan tegangan, faktor daya, daya semu, daya nyata, daya reaktif menghasilkan analisa harmonisa tegangan tertinggi pada jaringan Gedung A rata – rata sebesar 1,8% pada fasa R, harmonisa arus pada jaringan Gedung A tertinggi rata – rata sebesar 30,65% pada fasa S sehingga melampaui batas yang diijinkan yaitu maksimal 15%.

Kemudian, peneliti Yusril et. al. (2022) melakukan penelitian dengan pengukuran MDP dan SDP kemudian ditemukan harmonisa yang melebihi standar PLN tahun 2012 dimana masing – masing nilai yang melebihi adalah SDP-2 fasa R (42,2%), S (42,1%), T (48,6%) yang melayani beban non linier. Peredaman harmonisa dengan penambahan *single*

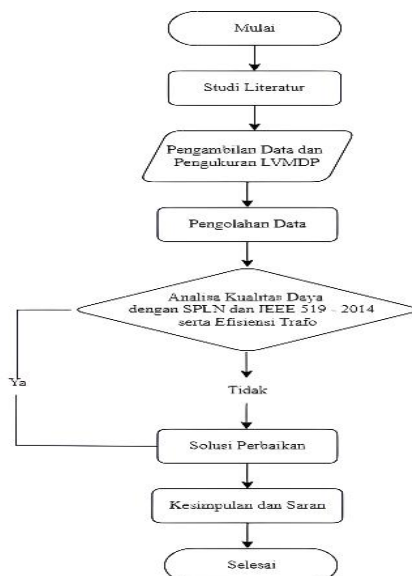
*tuned filter* pada fasa R, S, T yang memiliki IHD tertinggi yaitu orde urutan ke- 5 dan ke-7. Penelitian ini menunjukkan analisa perhitungan serta solusi yang diberikan untuk memperbaiki hasil temuan. Namun jurnal ini tidak mendapat simulasi penurunan harmonisa dampak penambahan *single tuned filter*.

Sebuah penelitian dengan melakukan pengambilan data arsip laporan pengukuran gardu oleh Kadir (2022) menghasilkan analisa ketidakseimbangan beban dengan presentase 52,23% pada transformator dengan kode gardu PT IPT005 dengan daya 160 KVA dan transformator penyulang Poltek sebesar 20,23%, kemudian mendapatkan hasil analisa perhitungan efisiensi transformator pada penyulang Poltek beban seimbang 98,68% dan tidak seimbang 98,64%. Penelitian juga mendapatkan total peningkatan rugi pada transformator Penyulang Poltek sebesar 294,715 W. Apabila semakin besar ketidakseimbangan beban maka rugi daya pada transformator semakin besar.

Dari kajian peneliti sebelumnya, jurnal ini menganalisis kualitas daya listrik di UPT Balai Yasa Surabaya Gubeng yang berasal dari transformator 1 MVA dan 200 KVA dengan pengukuran yang dilakukan di LVMDP sebagai panel penerima daya dari trafo dengan parameter tegangan, faktor daya, frekuensi, dan harmonisa. Selain itu, peneliti juga akan melakukan analisa efisiensi transformator berdasarkan rugi-rugi inti besi dan tembaga.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan untuk menyelesaikan rumusan masalah pada penelitian ini ditampilkan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut.



**Gambar 1. Blok Diagram Penelitian**

Gambar 1 merupakan diagram alir yang dimulai dengan literatur dari berbagai sumber buku atau jurnal kemudian dilakukan pengambilan data dengan pengukuran LVMDP untuk mendapatkan parameter yang akan dibandingkan dengan standar. Apabila

terdapat salah satu parameter yang tidak sesuai standar maka dilakukan perencanaan perbaikan.

### 2.1 Pengolahan dan Analisa data

Berikut adalah nilai parameter yang akan dianalisa dan dibandingkan dengan standar PLN dan IEEE 519 – 2014.

#### 2.1.1 Tegangan, Faktor Daya, dan Frekuensi

Pengukuran nilai parameter tegangan, arus, daya aktif, daya semu, faktor daya, frekuensi, dan harmonisa dilakukan pada LVMDP 1 MVA dan 200 KVA fasa – fasa (400 V) dan fasa – netral (230 V). Parameter tegangan berdasarkan standar PLN mengijinkan nilai tegangan +5% dan -10% dari tegangan nominal (Negara, 1995). Sedangkan faktor daya 0,85 – 1,00 dan frekuensi 49,5 – 50,5. Apabila terdapat parameter yang tidak sesuai maka direkomendasikan seperti penambahan *capasitor bank* untuk perbaikan faktor daya dengan mengurangi atau menghilangkan sifat induktif (Hajar & Rahayuni, 2020).

#### 2.1.2 Harmonisa

Hasil pengukuran harmonisa arus dan tegangan orde ganjil dimulai pada orde ke-3 sampai dengan ke-19 mendapatkan nilai IHD (*Individual Harmonic Distortion*) (Yusril et al., 2022). Pengukuran tersebut tidak mengukur orde genap dikarenakan apabila dijumlah akan menghasilkan nilai nol. Setelah mendapatkan nilai IHD, maka analisa dilakukan dengan perhitungan IHD supaya mendapatkan nilai parameter yang dibandingkan dengan standar harmonisa arus dan tegangan IEEE 519 – 2014 (Hermawan et al., 2022). Apabila terdapat nilai yang tidak sesuai standar direncanakan pemasangan *single tuned filter* (Suweden & Rinas, 2009). Perhitungan harmonisa dianalisis dengan rumus sebagai berikut.

#### a. Perhitungan Nilai THD (Total Harmonic Distortion)

Nilai tersebut didapatkan dengan penjumlahan hasil pengukuran IHD arus dan tegangan setiap fasa R, S, T orde ke-3 sampai ke-19 dengan beban penuh.

$$THD = (IHD_2^2 + IHD_3^2 + IHD_4^2 + \dots IHD_n^2)^{1/2} \quad (1)$$

Dimana THD merupakan nilai total harmonisa individu (IHD) pada orde ke-1 sampai ke-19 (Irwanto, 2022).

#### b. Perhitungan Arus Hubung Singkat dan Beban Penuh

Setelah menghitung THD dengan persamaan 1, langkah selanjutnya mencari nilai perbandingan  $I_{SC}$  dan  $I_{FL}$  (Rohaini, 2021). Nilai perbandingan tersebut dapat dihasilkan dengan persamaan sebagai berikut.

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

$$I_{Sc} = \frac{\text{Daya Trafo VA}}{\sqrt{3} \times V \times Z\%} \quad (3)$$

Dimana  $I_{FL}$  adalah arus beban penuh (Ampere),  $I_{Sc}$  adalah arus hubung singkat (Ampere),  $S$  adalah daya transformator (Va),  $V$  adalah tegangan transformator (Volt),  $Z\%$  adalah Impedansi transformator (%).

### c. Perhitungan Pembebanan Transformator dan Perhitungan Nilai $I_L$ .

Arus nominal yang digunakan adalah arus pada kabel fasa-netral, sementara arus *full load* diperoleh dari perhitungan sebelumnya  $I_{FL}$  (Ridwan et al., 2016).

$$\% \text{ Pembebanan} = \frac{\text{Arus Nominal} \times 100\%}{\text{Arus Full load}} \quad (4)$$

$$I_L = \frac{\text{Pembebanan}}{100} \times I_{FL} \quad (5)$$

Dimana  $I_L$  adalah arus beban fundamental (Ampere) dan  $I_{FL}$  adalah arus beban penuh (Ampere).

### 2.1.3 Efisiensi Transformator

Pada kenyataannya, transformator dalam mendistribusikan daya tidak memiliki efisiensi 100%, sehingga transformator memiliki rugi-rugi daya yang berasal dari rugi tembaga dan rugi inti besi (Utomo, 2019). Nilai efisiensi bisa diketahui ketika sudah mendapatkan data spesifikasi transformator dan hasil pengukuran LVMDP. Kemudian, dilakukan perhitungan sesuai dengan langkah dan persamaan dibawah ini.

#### a. Perhitungan Ketidakseimbangan Beban

Nilai arus didapatkan dari hasil pengukuran fasa-netral kemudian dilakukan perhitungan arus rata-rata fasa-netral lalu dapat diketahui ketidakseimbangan beban setiap fasa R, S, T dari hasil arus rata-rata (Ektianto & Darwanto, 2021). Selanjutnya dilakukan presentase ketidakseimbangan beban, berikut dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (6)$$

Dimana  $I_R$  adalah arus fasa R,  $I_S$  adalah arus fasa S, dan  $I_T$  adalah arus fasa T. Selanjutnya, dianalisis arus ketidakseimbangan beban (a, b, c) dengan rumus sebagai berikut:

$$I_R = a \times I_{rata-rata} \text{ dengan } a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}} \quad (7)$$

$$I_S = b \times I_{rata-rata} \text{ dengan } b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}} \quad (8)$$

$$I_T = c \times I_{rata-rata} \text{ dengan } c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}} \quad (9)$$

#### b. Perhitungan Rugi Tembaga dan Rugi Inti Besi

Nilai rugi tembaga selalu berubah – ubah tergantung nilai arus beban, sedangkan nilai rugi inti besi nilainya tetap konstan sesuai dengan standar PLN 50:1997 (PT PLN (Persero), 1997). Nilai rugi tembaga berdasarkan beban seimbang dan tidak

seimbang dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini (Elnizar et al., 2021).

Pada keadaan beban seimbang:

$$P_{CU} = 3 \times I^2 \times R \quad (10)$$

Pada keadaan beban tidak seimbang:

$$P_{CU} = (I_a^2 + I_b^2 + I_c^2) R \quad (11)$$

Dimana  $P_{CU}$  adalah rugi tembaga (Watt),  $I^2$  adalah arus sekunder (Ampere),  $I_a$  adalah arus fasa R (Ampere),  $I_b$  adalah arus fasa S (Ampere),  $I_c$  adalah arus fasa T (Ampere),  $R$  adalah Resistansi ( $\Omega$ ).

#### c. Total Rugi Daya

Ketika beban seimbang:

$$P_{tl} = P_i + P_{cu} \quad (12)$$

Ketika beban tidak seimbang:

$$P_{tlu} = P_i + P_{cu} \quad (13)$$

Dimana  $P_{tl}$  adalah total rugi daya beban seimbang (Watt),  $P_{tlu}$  adalah total rugi daya beban tidak seimbang (Watt),  $P_i$  adalah rugi inti besi (Watt), dan  $P_{CU}$  adalah rugi tembaga (Watt).

#### d. Presentase Efisiensi Transformator

Efisiensi transformator adalah perbandingan daya *output* dan daya *input*. Efisiensi transformator dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut (Risnandar et al., 2022).

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + \text{Rugi-rugi}} \times 100\% \quad (14)$$

Dimana  $\eta$  efisiensi transformator (%),  $P_{out}$  daya keluar (watt), rugi-rugi berasal dari inti besi dan tembaga (watt).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Analisa LVMDP 1 MVA

Pengukuran dilakukan pada tegangan fasa-fasa dan fasa-netral dengan menggunakan clamp meter hioki 3286.

**Tabel 1. Pengukuran LVMDP Fasa-Fasa**

Tegangan (V)	Arus (A)	Cos Phi	Frekuensi (Hz)
402 (R-S)	163(R)	0,9 (R)	50 (R)
387 (S-T)	149 (S)	0,8 (S)	50 (S)
397 (T-N)	137,8 (T)	0,9 (T)	50 (T)

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai frekuensi sesuai dengan standar PLN di Indonesia serta tegangan LVMDP masih dalam standar PLN +5% dan -10% dari tegangan nominal 400/230 Volt karena berasal dari kumparan sekunder transformator. Sedangkan faktor daya fasa S tidak sesuai memiliki faktor daya dibawah 0,85 – 1,00.

**Tabel 2. Pengukuran LVMDP Fasa-Netral**

Tegangan (V)	Arus (A)	Cos Phi	Frekuensi (Hz)
233 (R-N)	143,3 (R)	0,9 (R)	50 (R)
229 (T-N)	109,2 (S)	0,9 (S)	50 (S)
224 (T-N)	105,6 (T)	0,9 (T)	50 (T)

Pada tabel 2 pengukuran fasa-netral tidak ada yang melebihi standar dan dapat disimpulkan masih dalam kondisi kualitas daya yang baik.

### 3.2 Analisa Harmonisa LVMDP 1 MVA

Digunakan persamaan 1 sampai 5 untuk mengetahui nilai harmonisa arus dan tegangan. Berikut di bawah ini hasil analisa harmonisa.

**Tabel 3. Analisa Harmonisa Arus**

Lvmdp	Fasa	THDI (%)	Standar THDI (%)	Sesuai Standar/ Tidak
1 MVA	R	26,18	15	Tidak Sesuai
	S	18,83	15	Tidak Sesuai
	T	7,4	15	Sesuai

Tabel 3 menunjukkan hasil TDD (*Total Demand Distortion*) arus melebihi batas standar 15% yakni fasa R (26.18%) dan fasa S (18.83%). Nilai tersebut yang nanti akan menjadi acuan untuk perbaikan nilai harmonisa dengan filter pasif.

**Tabel 4. Analisa Harmonisa Tegangan**

Lvmdp	Fasa	THDV (%)	Standar THD V	Sesuai Standar/ Tidak
1 MVA	R	8,67	5	Tidak Sesuai
	S	8,57	5	Tidak Sesuai
	T	8,86	5	Tidak Sesuai

Dari tabel hasil analisa di atas, terdapat banyak fasa yang arus dan tegangannya terdistorsi sehingga menyebabkan gelombang arus dan tegangan non-sinusoidal pada sebuah sistem tenaga listrik yang mana apabila tidak dilakukan perbaikan akan menyebabkan peralatan dan mesin-mesin penunjang di UPT Balai Yasa Surabaya Gubeng tidak bekerja sesuai dengan spesifikasi dan mengurangi usia pakai dari beberapa peralatan dan mesin tersebut. Tabel 6 menyimpulkan setiap fasa harmonisa tegangan melebihi standar 5% yaitu fasa R (8.67%), fasa S (8.57%), fasa T (8.86%). Nilai tersebut akan menjadi acuan ketika dilakukan rekomendasi perbaikan untuk meredam harmonisa dengan penambahan filter pasif.

### 3.3 Efisiensi Transformator 1 MVA

Total rugi daya ketika beban seimbang:

$$P_{tl} = 2300 + 82,93 = 2382,93 \text{ Watt}$$

Total rugi daya ketika beban tidak seimbang:

$$P_{tlu} = 2300 + 84,36 = 2384,36 \text{ Watt}$$

Presentase efisiensi trafo

$$P_{out} = 395 \times 119,37 \times 0,93 = 43850,57 \text{ W}$$

Efisiensi (%) ketika beban seimbang:

$$\eta = \frac{43850,57}{43850,57+2382,93} \times 100\% = 94,85\%$$

Efisiensi (%) ketika beban tidak seimbang:

$$\eta = \frac{43850,57}{43850,57+2384,36} \times 100\% = 94,84\%$$

### 3.4 Analisa LVMDP 200 KVA

Diperlukan analisa LVMDP 200 KVA karena digunakan oleh UPT Balai Yasa Surabaya Gubeng untuk menyalurkan listrik ke Gedung Perkantoran yang banyak menggunakan peralatan elektronik penyebab nilai harmonisa tinggi.

**Tabel 5. Pengukuran LVMDP Fasa-Fasa**

Tegangan (V)	Arus (A)	Cos Phi	Frekuensi (Hz)
397 (R-S)	132 (R)	0,9 (R)	50 (R)
392 (S-T)	114 (S)	0,9 (S)	50 (S)
385 (T-R)	118 (T)	0,7 (T)	50 (T)

Pada tabel 5 faktor daya fasa T memiliki nilai dibawah standar PLN. Hal tersebut dapat disebabkan pengaruh beban induktif atau adanya nilai harmonisa yang tinggi pada sistem sehingga terjadi penurunan faktor daya.

**Tabel 6. Pengukuran LVMDP Fasa-Netral**

Tegangan (V)	Arus (A)	Cos Phi	Frekuensi (Hz)
225 (R-N)	132,5 (R)	0,9 (R)	50 (R)
227 (S-N)	145,2 (S)	0,9 (S)	50 (S)
221 (T-N)	125,6 (T)	0,9 (T)	50 (T)

Pada tabel pengukuran di atas, didapatkan hasil yang menunjukkan tegangan, arus, faktor daya, dan frekuensi tidak ada yang melebihi dan kurang dari standar.

### 3.5 Analisa Harmonisa LVMDP 200 KVA

Untuk mengetahui THD arus dan tegangan pada LVMDP digunakan persamaan 1. Setelah itu diperlukan analisa pembebanan pada LVMDP trafo 200 KVA untuk membandingkan standar harmonisa berdasarkan IEEE 519 – 2014 menggunakan persamaan 2 sampai 5. Berikut adalah tabel analisa harmonisa arus dan tegangan.

**Tabel 7. Analisa Harmonisa Arus**

Lvmdp	Fasa	THDI (%)	Standar THDI (%)	Sesuai Standar / Tidak
200 KVA	R	8,18	12	Sesuai
	S	4,85	8	Sesuai
	T	11,86	12	Sesuai

Tabel 7 menunjukkan nilai TDD (*Total Demand Distortion*) arus tidak ada yang melebihi standar 12% dan 8%. Harmonisa arus 200 KVA masih dalam keadaan yang diperbolehkan oleh standar IEEE 519 – 2014.

**Tabel 8. Analisa Harmonisa Tegangan**

Lvmdp	Fasa	THDV (%)	Standar THDV (%)	Sesuai Standar / Tidak
200 KVA	R	3,93	5	Sesuai
	S	3,02	5	Sesuai
	T	5,58	5	Tidak Sesuai

Pada tabel 8 dapat dinyatakan harmonisa tegangan (THDV) terdapat fasa yang melebihi standar yakni fasa T (5,58%).

### 3.6 Efisiensi Transformator 200 KVA

Total rugi daya ketika beban seimbang:

$$P_{tl} = 480 + 541,6 = 1021,6 \text{ Watt}$$

Total rugi daya ketika beban tidak seimbang:

$$P_{tlu} = 480 + 542,101 = 1022,101 \text{ Watt}$$

Presentase efisiensi trafo

$$P_{out} = 391 \times 134,43 \times 0,9 = 47305,92 \text{ Watt}$$

Efisiensi (%) ketika beban seimbang:

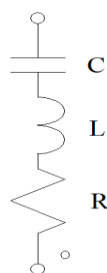
$$\eta = \frac{47305,92}{47305,92 + 1021,61} \times 100\% = 97,89\%$$

Efisiensi (%) ketika beban tidak seimbang:

$$\eta = \frac{47305,92}{47305,92 + 1022,101} \times 100\% = 97,88\%$$

### 3.7 Peredaman Harmonisa

Rekomendasi untuk mereduksi harmonisa dengan pemasangan *single tuned filter* pada setiap fasa yang memiliki nilai orde tertinggi. Selain itu, adanya penambahan filter dapat memperbaiki faktor daya karena terdapat komponen kapasitor pada filter tersebut. Berikut ini merupakan desain filter tersebut.

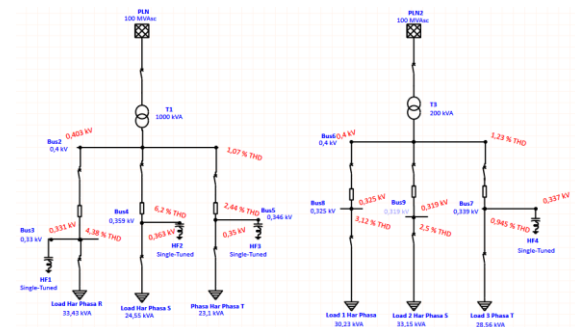
**Gambar 2. Desain Single Tuned Filter**

*Single Tuned Filter* tersebut dipasang pada LVMDP 1 MVA fasa R orde 13, fasa S orde 19, fasa T orde 13 dan LVMDP 200 KVA fasa T orde 13. Orde tersebut memiliki nilai IHD terbesar diantara orde lainnya.

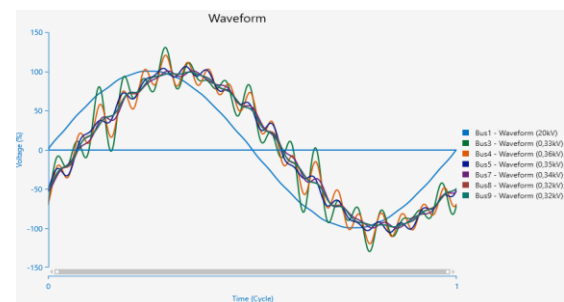
**Tabel 9. Nilai Komponen Filter**

Nilai Komponen <i>Single Tuned Filter</i>				
Lvmdp	Fasa	C	L	R
1 MVA	R	923 $\mu$ F	0,923 mH	0,00483 $\Omega$
	S	715 $\mu$ F	0,828 mH	0,0043 $\Omega$
	T	728 $\mu$ F	1,178 mH	0,006167 $\Omega$
200 KVA	T	870 $\mu$ F	0,9968 mH	0,00522 $\Omega$

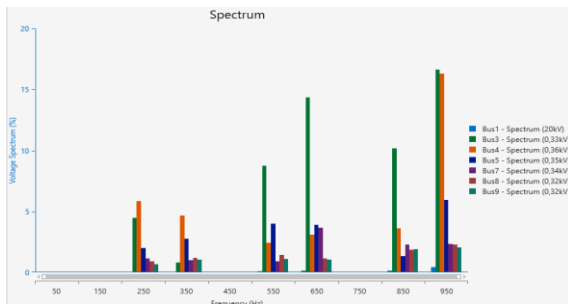
Data tabel 9 adalah hasil perhitungan komponen kapasitor, induktor dan resistor. Komponen tersebut adalah rangkaian *single tuned filter* yang akan dipasang pada fasa yang memiliki harmonisa lebih dari standar IEEE 519 – 2014 yaitu LVMDP 1 MVA setiap fasa R, S, T, dan LVMDP 200 KVA fasa T.

**Gambar 3. Simulasi SLD dengan Filter**

Simulasi pada gambar 3 memodelkan titik pengukuran LVMDP dengan *static load* yang diberi harmonisa sesuai dengan hasil pengukuran setiap fasa. Hasil simulasi tersebut menyatakan penambahan filter dapat mengurangi harmonisa hingga bernilai dibawah standar IEEE 519 – 2014. Nilai harmonisa setelah terdapat filter yakni LVMDP 1 MVA fasa R (4,38%), S (6,2%), T (2,44%) serta LVMDP 200 KVA fasa T (0,945%).

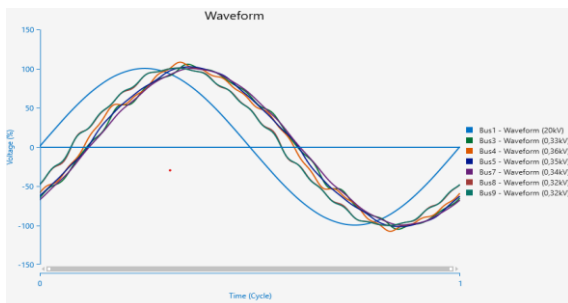
**Gambar 4. Gelombang Harmonisa tanpa Filter**

Gelombang gambar 4 yang berbentuk non sinusoidal merupakan orde ke-3 sampai ke-19 akibat adanya distorsi harmonisa karena beban non linier. Sedangkan orde ke-1 terdapat gelombang sinusoidal karena memiliki gelombang murni yang belum terganggu dengan harmonisa selanjutnya.



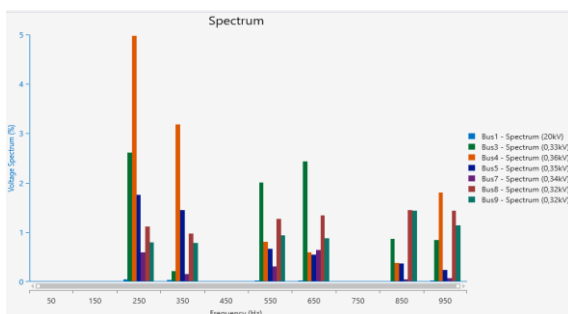
**Gambar 5. Spektrum Harmonisa tanpa Filter**

Gambar 5 merupakan gambar spektrum harmonisa tegangan. Dari gambar tersebut ada beberapa orde yang tidak sesuai standar IEEE 519 – 2014 yakni melebihi 5%, sehingga diperlukan filter untuk mengurangi harmonisa tersebut.



**Gambar 6. Gelombang Harmonisa dengan Filter**

Gambar 6 merupakan hasil gelombang setelah terdapat filter *in service* pada simulasi SLD. Gambar tersebut membuktikan penambahan filter dapat mengurangi distorsi harmonisa sehingga gelombang non sinusoidal berkurang dan hampir berbentuk gelombang sinusoidal murni.



**Gambar 7. Spektrum Harmonisa dengan Filter**

Gambar 7 merupakan nilai diagram harmonisa tegangan orde ke-5, 7, 11, 13, 17, dan 19 setelah pemasangan filter pada setiap fasa tertinggi. Nilai harmonisa tegangan rata – rata di bawah standar IEEE 519 – 2014 yakni 5%. Setelah pemasangan filter orde

tertinggi di setiap fasa pada simulasi ETAP 19, dihasilkan sebuah spektrum nilai harmonisa tegangan rata-rata tertinggi. Pada bus 4 terbaca orde ke-5 memiliki nilai harmonisa tegangan tertinggi selanjutnya diikuti harmonisa ke-7. Namun, nilai-nilai tersebut dianggap baik karena berada dibawah batas harmonisa tegangan maksimal yang diijinkan.

#### 4. KESIMPULAN

Nilai parameter tegangan dan frekuensi masih sesuai dengan SPLN dan dapat dinyatakan baik. Faktor daya fasa – fasa LVMDP 1 MVA kurang dari standar dengan nilai 0,8 dan faktor daya fasa– fasa LVMDP 200 KVA sebesar 0,7. Sedangkan, harmonisa yang tidak sesuai dengan standar IEEE 519 – 2014 adalah LVMDP 1 MVA THDi fasa R (26,18%), fasa S (18,83%), THDv fasa T (8,86%) serta LVMDP 200 KVA THDv fasa T (5,58%). Setelah dilakukan pemasangan *single tuned filter* pada simulasi SLD, dapat dibuktikan penurunan harmonisa LVMDP 1 MVA THDi fasa R (4,3%), fasa S (6,2%), THDv fasaT (2,76%) serta LVMDP 200 KVA THDv fasa T (0,968%). Simulasi analisis aliran beban pemasangan filter dapat memperbaiki faktor daya setiap fasa menjadi 90% (0,9). Selain itu, hasil analisa juga menghasilkan presentase efisiensi dua transformator yakni transformator 1 MVA ketika beban seimbang sebesar 94,85% dan ketika beban tidak seimbang sebesar 94,84%. Transformator 200 KVA ketika beban seimbang sebesar 97,89% dan ketika beban tidak seimbang sebesar 97,88%.

#### REFERENSI

- Ektianto, A. S. A., & Darwanto, A. (2021). Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Di PT . PLN ( Persero ) Rayon Cepu. *Simetris*, 15(1), 35–42.
- Elnizar, H., Gusmedi, H., & Zebua, O. (2021). Analisis Rugi-Rugi (Losses) Transformator Daya 150/20 KV di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Sutami ULTG Tarahan. *Electrician*, 15(2), 116–126. <https://doi.org/10.23960/elc.v15n2.2197>
- Hajar, I., & Rahayuni, S. M. (2020). ANALISIS PERBAIKAN FAKTOR DAYA MENGGUNAKAN KAPASITOR BANK DI PLANT 6 PT. INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA Tbk. UNIT CITEUREUP. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 9(1), 8. <https://doi.org/10.36055/setrum.v9i1.8111>
- Hermawan, A., Hakim, M. F., & Ramahdahani, M. I. (2022). Analisis Power Quality Gedung Kuliah Teknik Elektro Kampus 2 Institut Teknologi Nasional Malang. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 6(2), 73–78. <https://doi.org/10.33795/elposys.v6i2.118>
- Hikam, K. M. (2021). Analisa Kualitas Daya di CV. Wana Indo Raya Trafo 197 kVA. *Repository Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya*,

- 10(031), 1–7.
- Irwanto, R. (2022). Analisa Harmonisa Pada Transformator 3 Fasa. *Jurnal Persegi Bulat*, 1(1), 7–12. <https://doi.org/10.36490/jurnalpersegibulat.v1i1.248>
- Negara, P. L. (1995). *Tegangan - standar*.
- PT PLN (Persero). (1997). Spesifikasi Transformator Distribusi. *P.T. PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA (PERSERO) Jln. Trunojoyo No. 135 - Kebayoran Baru JAKARTA I2160 1997*, 1–20.
- Rasyid, R., & Muhammad, M. (2021). Analisa Kualitas Daya Listrik Pada Gardu Distribusi Universitas Khairun. *Journal of Science and Engineering*, 4(1), 28. <https://doi.org/10.33387/josae.v4i1.3097>
- Ridwan, A., Vivaldy, R., Setiawidayat, S., & Mukhsin, M. (2016). Analisis Pengaruh Power Quality Pada Transformator Dan Motor Induksi 3 Fasa. *Politeknik Negeri Malang*, 8, 2085–2347.
- Risnandar, M. A., Faridah, L., & ... (2022). Analisis Rugi Daya Trafo Distribusi pada Penyulang Tamansari Kota Tasikmalaya. *Journal of Energy and ...*, 4(1), 13–19. <https://jurnal.unsil.ac.id/index.php/jeee/article/view/5643%0Ahttp://jurnal.unsil.ac.id/index.php/jeee/article/download/5643/2295>
- Rohaini. (2021). *Analisa harmonisa pada transformator 345 kva di cv. wana indo raya*. 1, 2–7.
- Suweden, I. N., & Rinas, I. W. (2009). Analisa Penanggulangan THD Dengan Filter Pasif Pada Sistem Kelistrikan Di RSUP Sanglah. *Teknologi Elektro*, 8(2), 7–13.
- Utomo, P. (2019). Studi Analisis Kualitas Transformator Daya Gardu Induk 150 Kv Siantan. *Teknik Elektro*, 1(1), 1–11.
- Yusril, M., Haikal, I., Andriawan, A. H., & Widagdo, R. S. (2022). Analisa Harmonisa Pada Water Treatment Plant Di Pdam Delta Tirta Sidoarjo Ipa Kedunguling. *Prosiding Senakama*, 1.