

**ANALISIS PENGARUH HARMONISA TERHADAP
TRANSFORMATOR DAYA 3000 kVA, 20 kV/380 V DI PPSDM
MIGAS CEPU**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh :

MUHAMMAD RIZQITAMA

D 400 160 121

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS PENGARUH HARMONISA TERHADAP TRANSFORMATOR
DAYA 3000 kVA, 20 kV/380 V DI PPSDM MIGAS CEPU**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

MUHAMMAD RIZOITAMA

D400160121

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing



Agus Supardi, S.T., M.T

NIK 883

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH HARMONISA TERHADAP TRANSFORMATOR
DAYA 3000 kVA, 20 kV/380 V DI PPSDM MIGAS CEPU**

**OLEH
MUHAMMAD RIZQITAMA
D400160121**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jum'at, 27 Januari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- | | |
|---|---|
| 1. Agus Supardi, S.T., M.T
(Ketua Dewan Penguji) | () |
| 2. Umar , S.T., M.T
(Anggota I Dewan Penguji) | () |
| 3. Hasyim Asy'ari, S.T., M.T
(Anggota I Dewan Penguji) | () |



Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D

NIK 892

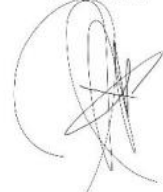
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 27 Januari 2023

Penulis



MUHAMMAD RIZQITAMA

D400160121

ANALISIS PENGARUH HARMONISA TERHADAP TRANSFORMATOR DAYA 3000 kVA, 20 kV / 380 V DI PPSDM MIGAS CEPU

Abstrak

Instrumen yang digunakan sebagai penyalur tenaga listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya disebut transformator daya. Beragamnya beban yang digunakan tenaga listrik dapat mempengaruhi kinerja dari transformator, hal ini terjadi akibat tidak stabilnya beban yang dapat menyebabkan terjadinya harmonisa. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur harmonisa yang terjadi pada sistem kelistrikan PPSDM Cepu, kemudian mencari nilai dari filter pasif dengan menggunakan simulasi *software* ETAP kepada sistem jaringan listrik agar dapat diketahui apakah harmonisa yang terjadi dapat tereduksi. Ada beberapa metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu melakukan penelitian serta pengambilan data di PPSDM Cepu, yang kemudian diolah dan dihitung secara matematis kemudian melakukan perancangan *filter* dan disimulasikan pada *software* ETAP. Setelah dilakukan perhitungan matematis didapatkan hasil pada THD V_R sebesar 8,39%, THD V_S sebesar 6,56%, THD V_T sebesar 7,02%, THD I_R sebesar 12,27%, THD I_S sebesar 13,22%, THD I_T sebesar 13,6%. Dikarenakan hasil perhitungan melebihi nilai standar IEEE 519-1992 yang menyatakan bahwa THD V yang diizinkan hanya 5%, maka dilakukan pemasangan *filter* agar dapat meminimalisir dampak kerusakan pada sistem distribusi tenaga listrik. Setelah dilakukan pemasangan *filter single tune* pada harmonisa orde ke-3 dan ke-5 didapatkan hasil V_R sebesar 1,80%, V_S sebesar 1,73%, dan V_T sebesar 1,73%

Kata Kunci: harmonik, trafo, *software* ETAP.

Abstract

Equipment used as a distributor of electric power from high voltage to low voltage or vice versa is called a power transformer. With various loads, the use of electric power can affect the performance of the transformer, this occurs due to unstable loads which can cause harmonics. This study aims to measure the harmonics that occur in the Cepu PPSDM electrical system, then to find the value of the passive filter using the ETAP software simulation for the electrical network system so that it can be seen whether the harmonics that occur can be reduced. There are several methods used in this study, namely conducting research and data collection at PPSDM Cepu, which are then processed and calculated mathematically and then design data is then processed and calculated mathematically then performs filter design and is simulated in the ETAP software. After doing mathematical calculations, the results obtained are THD V_R of 8.39%, THD V_S of 6.56%, THD V_T of 7.02%, THD I_R of 12.27%, THD I_S of 13.22%, THD I_T of 13.6%. Because the calculation results exceed the IEEE 519-1992 standard value which states that the THD V allowed is only 5%, a filter is installed in order to minimize the impact of damage to the electric power distribution system. After installing a single tune filter on the 3rd and 5th

order harmonics, the results obtained were VR of 1.80%, VS of 1.73%, and VT of 1.73%.

Keywords: harmonics, transformer, ETAP software.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan utama saat ini adalah tenaga listrik, untuk kebutuhan sehari-hari ataupun kebutuhan industri. Tersedianya tenaga listrik secara konstan dan berkelanjutan adalah ketentuan utama untuk mencukupi kebutuhan tenaga listrik. Beban listrik *non-linear* merupakan peralatan-peralatan listrik yang mengeluarkan gelombang keluaran dengan bentuk keluaran yang berbeda dari tegangan masukan yang membuat bentuk gelombang tegangan dan arusnya mengalami distorsi. Terjadinya harmonisa pada sistem distribusi tenaga listrik diakibatkan karena penggunaan beban *non-linear*. (Suheta & Haryudo, 2013). Sumber harmonisa digolongkan menjadi sumber harmonik dari beban komersial serta sumber harmonik dari beban industri. Beban industri menciptakan harmonisa yang lebih besar daripada beban komersial dikarenakan pada beban industri kerap menggunakan *capasitor bank* untuk membenahi faktor daya demi terhindar dari biaya penalti. Penggunaan kapasitor dalam upaya memperbaiki faktor daya dapat memperbesar harmonisa arus beban *non-linear* sehingga menciptakan resonans (Mode et al., 2017).

Harmonisa dapat diartikan sebagai hambatan pada sistem distribusi tenaga listrik yang ditimbulkan dengan adanya distorsi gelombang arus serta gelombang tegangan. Distorsi gelombang arus dan gelombang tegangan terjadi akibat membentuknya gelombang-gelombang dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamentalnya (Sentosa Setiadji et al., 2007). Jumlah gelombang harmonisa yang dihasilkan pada setiap gelombang fundamental yang semakin bertambah membuat gelombang arus dan gelombang tegangan terdistorsi dan semakin mendekati gelombang persegi (Ridhatullah, 2017).

Harmonisa sangat berpengaruh pada distribusi listrik dan dapat mempengaruhi kinerja *transformator*. Buruknya kualitas daya diakibatkan karena tingginya nilai harmonisa yang terjadi di sistem distribusi tenaga listrik, sehingga dengan faktor daya yang lebih rendah, membuat bentuk gelombang tegangan

sistem terdistorsi, pemanasan berlebih dan tidak efisien dalam penggunaan energi listrik (Ariana et al., 2016). Harmonisa yang terjadi di trafo mengakibatkan meningkatnya rugi beban, rugi daya, rugi *Eddy Current* dan pembebanan pada kawat netral (Setiadi, 2017).

Total Harmonic Distortion (THD) adalah nilai *presentase* antara total komponen harmonisa dengan komponen *fundamental*. *Individual Harmonic Distortion* (IHD) didapat dari membandingkan nilai harmonisa individu dan nilai *fundamental* yang digunakan untuk menggambarkan kontribusi setiap komponen harmonik terhadap harmonik arus dan tegangan (Tomy Nugroho¹ et al., 2018). Menurut *IEEE Standard 519-1992* menyatakan bahwa THD yang di izinkan hanya 5% dan IHD hanya 4%. Jika melebihi standar, dapat melakukan pemasangan filter harmonisa untuk mereduksi nilai harmonisa. Secara umum jenis filter dikelompokkan menjadi dua yaitu filter aktif serta filter pasif. Filter aktif meliputi komponen aktif seperti Op-Amp serta transistor, sementara itu, filter pasif meliputi komponen pasif seperti resistor, kapasitor, dan induktor. Keuntungan yang dimiliki filter pasif selain terjangkau, juga mampu memperbaiki kualitas daya dengan meredam daya reaktif. Filter pasif *single tune* ialah jenis filter pasif yang memperkecil nilai harmonisa pada suatu orde tertentu atau frekuensi kerjanya (Aini & Mar'i, 2021).

Batasan harmonisa arus serta batasan harmonisa tegangan adalah kriteria yang dapat mengevaluasi distorsi pada harmonisa. Standard harmonisa arus ditetapkan dari perbandingan I_{SC} , dimana I_{SC} merupakan arus hubung singkat terjadi pada *Point of Common Coupling* (PCC) , dibagi dengan I_L dimana I_L sebagai arus beban *fundamental*. Sementara itu, kriteria pada harmonisa tegangan ditetapkan oleh tegangan sistem yang digunakan (Apriliansyah & Gaffar, 2021). Meningkatnya *core-loss* (rugi besi) disebabkan oleh harmonisa tegangan, sedangkan meningkatnya rugi-rugi tembaga disebabkan oleh harmonisa arus. Jadi, *losses* yang diakibatkan oleh harmonisa menyebabkan *overheating* pada transformator (Adi Widiastara et al., 2016).

Melatarbelakangi permasalahan tersebut, sehingga penulis melakukan penelitian terhadap kemungkinan terjadinya harmonisa pada salah satu trafo di

PPSDM Cepu. Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data pada jaringan distribusi PPSDM Cepu, kemudian data yang diperoleh disimulasikan dengan menggunakan *software* ETAP untuk mengetahui *filter* yang harus dipasang guna meminimalisir harmonisa yang terjadi.

2. METODE

Metode yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan simulasi *software* ETAP dan menganalisa data berupa data keluaran dari trafo. Data tersebut kemudian dimasukkan kepada rangkaian jaringan yang sudah dibuat menggunakan *software* ETAP agar dapat diketahui berapa besaran distorsi yang terjadi.

Untuk menyelesaikan tugas akhir, berikut tahapan yang diperlukan

a. Studi literatur

Tahapan pertama untuk melakukan penelitian dalam upaya memperoleh referensi pelaksanaan adalah dengan mencari literatur melalui beberapa sumber melalui jurnal

b. Perancangan *filter* dan simulasi menggunakan ETAP

Perancangan *filter* harmonik dilakukan dengan menggunakan *software* ETAP dimana rangkaian dengan beban-beban *non linear* disimulasikan terlebih dahulu untuk mengetahui nilai harmoniknya. Kemudian setelah besaran *filter* ditentukan dan dipasang pada rangkaian untuk mengetahui besaran THD yang berhasil diturunkan.

c. Analisa *Output*

Setelah memperoleh data, selanjutnya dilakukan analisa dengan mencatat hasil keluaran dari sumber ETAP sehingga dapat mengambil kesimpulan dari analisa tersebut.

d. Bimbingan

Setelah memperoleh kesimpulan, selanjutnya dilakukan penyusunan tugas akhir yang nantinya dapat dikonsultasikan dengan Dosen Pembimbing melalui bimbingan.

e. Penyusunan Naskah Publikasi

Setelah semua tahapan, selanjutnya dilakukan penyusunan naskah publikasi



Gambar 1. Kerangka penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah pertama dimulai dengan pengumpulan data yang dilakukan pada PPSDM Cepu, berikut data harmonik yang berhasil dicatat

Tabel 1. Data harmonik

VR		VS		VT	
ORDE	V	ORDE	V	ORDE	V
1	231,47	1	232,56	1	231,15
3	0,9	3	0,8	3	0,8
5	0,9	5	0,6	5	0,7
7	0,1	7	0,1	7	0,7

Dengan data yang diperoleh, besaran nilai distorsi harmonik yang terjadi dapat diketahui dengan mensubtitusi variabel yang terdapat pada tabel kedalam rumus berikut

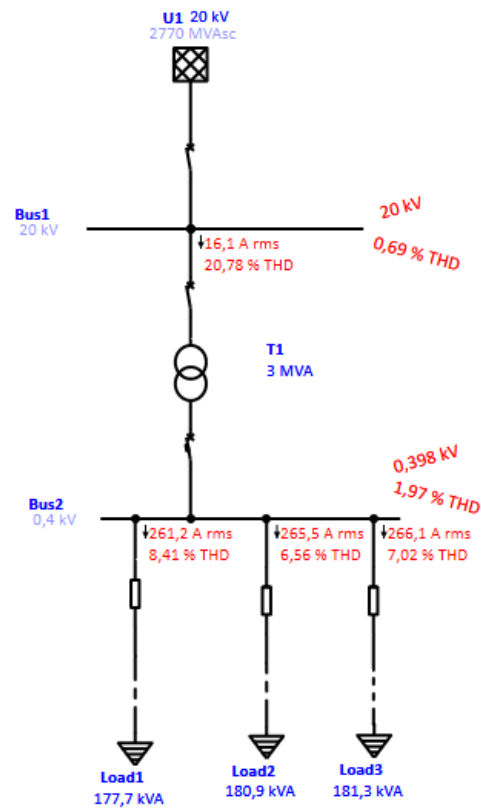
$$THD V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \times 100\% \quad (1)$$

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

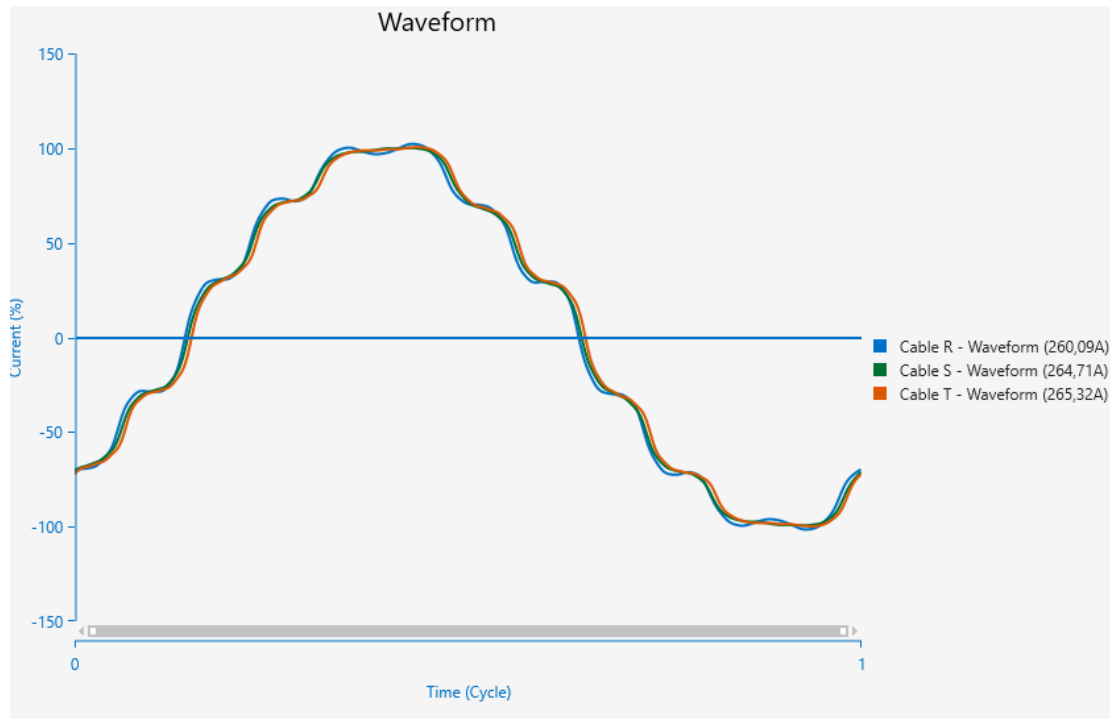
$$\begin{aligned}\text{THD } V_R &= \frac{\sqrt{V_3^2 + V_5^2 + V_7^2}}{V_1} \times 100\% \\ &= \frac{\sqrt{0,9^2 + 0,9^2 + 0,1^2}}{231,47} \times 100\% \\ &= 8,39 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{THD } V_S &= \frac{\sqrt{V_3^2 + V_5^2 + V_7^2}}{V_1} \times 100\% \\ &= \frac{\sqrt{0,8^2 + 0,6^2 + 0,1^2}}{232,56} \times 100\% \\ &= 6,54 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{THD } V_T &= \frac{\sqrt{V_3^2 + V_5^2 + V_7^2}}{V_1} \times 100\% \\ &= \frac{\sqrt{0,8^2 + 0,7^2 + 0,7^2}}{231,15} \times 100\% \\ &= 7,02 \%\end{aligned}$$



Gambar 1. Rangkaian simulasi ETAP THD Tegangan



Gambar 2. Gambar gelombang sinusoidal tanpa *filter*

Tabel 1. Data Harmonik

IR		IS		IT	
ORDE	I	ORDE	I	ORDE	I
1	762	1	771	1	775
3	2,3	3	2,2	3	2,2
5	2,3	5	3,0	5	3,1
7	0,3	7	0,6	7	0,5

$$\text{THD I} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \times 100\% \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{THD I}_R &= \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2}}{I_1} \times 100\% \\ &= \frac{\sqrt{2,5^2 + 2,3^2 + 0,3^2}}{762} \times 100\% \\ &= 12,27\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{THD I}_S &= \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2}}{I_1} \times 100\% \\ &= \frac{\sqrt{2,2^2 + 3,0^2 + 0,6^2}}{771} \times 100\% \\ &= 13,22\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{THD } I_T &= \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2}}{I_1} \times 100\% \\
&= \frac{\sqrt{2,2^2 + 3,1^2 + 0,5^2}}{775} \times 100\% \\
&= 13,6\%
\end{aligned}$$

Desain Filter Harmonisa

$$V_{LL} = \sqrt{3} \times 231.15 = 399,8 \text{ V} = 0,399 \text{ kV}$$

$$I_L = 762 \text{ A}$$

$$V_{avg} = 399 \text{ V}$$

$$S = \sqrt{3} \times 399 \times 762 = 526 \text{ kVA}$$

$$\begin{aligned}
\text{PF} &= \cos \theta = 0,93 \\
\sin^2 \theta &= 1 - \cos^2 \theta \\
&= 1 - (0,93)^2 \\
&= 0,136 \\
\sin \theta &= \sqrt{0,136} \\
\sin \theta &= 0,368
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_1 &= S \times \sin (\text{Arc Cos } \theta) \\
&= 526 \times 0,368 \\
&= 193 \text{ kVAR}
\end{aligned} \tag{5}$$

Besar daya reaktif jika power factor dinaikkan menjadi 0,98, maka

$$\begin{aligned}
\text{PF} &= \cos \theta = 0,98 \\
\sin^2 \theta &= 1 - \cos^2 \theta \\
&= 1 - (0,98)^2 \\
&= 0,0396 \\
\sin \theta &= \sqrt{0,0396} \\
\sin \theta &= 0,199
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_2 &= S \times \sin (\text{Arc Cos } \theta) \\
&= 526 \times 0,199 \\
&= 105 \text{ kVAR}
\end{aligned} \tag{6}$$

Jadi, untuk mengkompensasi besar daya reaktif yang diperlukan

$$Q_C = Q_1 - Q_2$$

$$\begin{aligned} Q_C &= 193 - 105 \\ &= 89 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk menentukan nilai reaktansi *filter* (X_{filter}) adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} X_{\text{filter}} &= \frac{V^2 \times (1000)}{Q_C} \\ &= \frac{(0,399)^2 \times (1000)}{89} \\ &= 1,80 \, \Omega \end{aligned} \tag{7}$$

Berikut ini adalah cara menentukan nilai X_C (reaktansi kapasitif) dan nilai X_L (reaktansi induktif) pada frekuensi 150 Hz atau harmonisa pada orde ke-3 :

$$\begin{aligned} X_C &= \left\{ \frac{h^2}{h^2 - 1} \right\} X_{\text{filter}} \\ &= \left\{ \frac{2,7^2}{2,7^2 - 1} \right\} 1,80 \\ &= 2,08 \, \Omega \end{aligned} \tag{8}$$

Cara menentukan nilai h :

$$\begin{aligned} h &= n - (10\%n) \\ &= 3 - (0.3) \\ &= 2.7 \end{aligned} \tag{9}$$

Menentukan besar nilai kapasitor

$$\begin{aligned} C &= \frac{1}{2 \times \pi \times f \times X_C} \\ &= \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times 2,08} \\ &= 15304 \, \mu\text{F} \end{aligned} \tag{10}$$

Sedangkan nilai untuk inductor sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X_L &= \frac{X_C}{h^2} \\ &= \frac{2,08}{2,7^2} \\ &= 0,285 \, \Omega \\ L &= \frac{X_L}{2\pi \times F} \\ &= \frac{0,285}{2 \times (3,14) \times 50} \\ &= 0,9091 \text{ mH} \end{aligned} \tag{11}$$

Rangkaian *filter single tune* meliputi rangkaian R,L dan C serta memiliki nilai yang diperoleh dari perhitungan diatas, besar R ditentukan dengan cara :

Nilai Q (faktor kualitas) antara 20 – 100, dan Q yang di pilih adalah Q = 20

$$\begin{aligned} R &= \frac{n \cdot X_L}{Q} \\ &= \frac{3 \times 0,285}{20} \\ &= 0,0428 \Omega \end{aligned} \quad (12)$$

Berikut ini adalah cara menentukan nilai X_C (reaktansi kapasitif) dan X_L (reaktansi induktif) pada frekuensi 250 Hz atau harmonisa pada orde ke 5 :

$$\begin{aligned} X_C &= \left\{ \frac{h^2}{h^2-1} \right\} X_{\text{filter}} \\ &= \left\{ \frac{4,5^2}{4,5^2-1} \right\} 1,80 \\ &= 1,89 \Omega \end{aligned} \quad (13)$$

Cara menentukan nilai h :

$$\begin{aligned} h &= n - (10\% n) \\ &= 5 - (0,5) \\ &= 4,5 \end{aligned}$$

Besar nilai kapasitor dapat ditentukan sebagai berikut

$$\begin{aligned} C &= \frac{1}{2 \times \pi \times f \times X_C} \\ &= \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times 5,76} \\ &= 16861 \mu F \end{aligned} \quad (14)$$

Sedangkan nilai untuk *inductor* sebagai berikut :

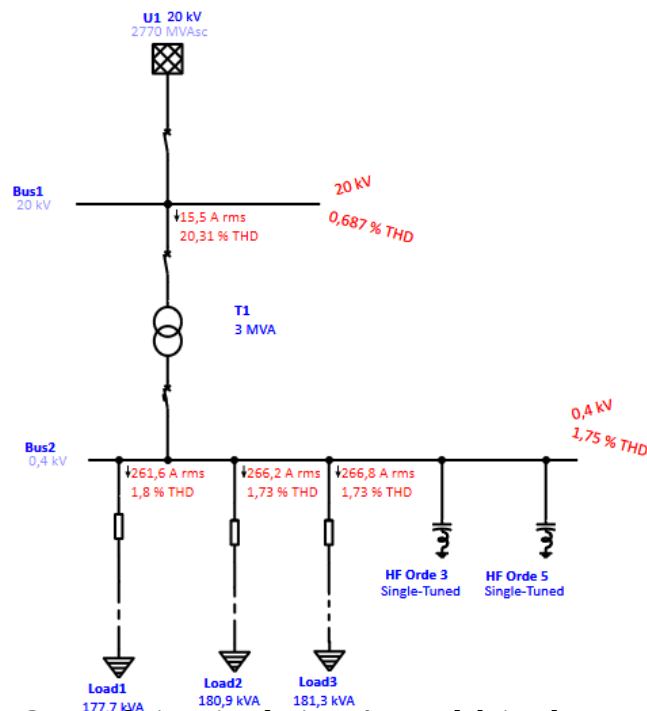
$$\begin{aligned} X_L &= \frac{X_C}{h^2} \\ &= \frac{1,89}{4,5^2} \\ &= 0,093 \Omega \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{X_L}{2\pi \times F} \\ &= \frac{0,093}{2 \times (3,14) \times 50} \\ &= 0,2971 mH \end{aligned} \quad (16)$$

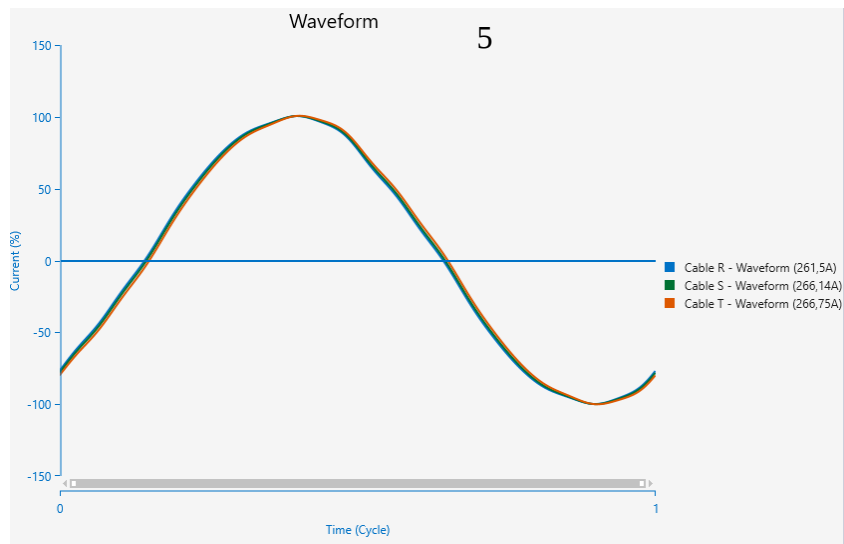
Rangkaian *filter single tune* meliputi rangkaian R, L dan C serta memiliki nilai yang diperoleh dari perhitungan diatas, besar R ditentukan dengan cara :

Nilai Q (faktor kualitas) antara 20 – 100 dan Q yang di pilih adalah Q = 20

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{n \cdot X_L}{Q} \\
 &= \frac{5 \times 0,093}{20} \\
 &= 0,0233 \, \Omega
 \end{aligned}
 \tag{17}$$



Gambar 3. Rangkaian simulasi ETAP setelah implementasi *filter* harmonisa orde



Gambar 4. Gambar sinusoidal setelah implementasi *filter* harmonisa orde 5

Dari gambar 3, terlihat total nilai THD pada bus yang terhubung dengan *output* THD V_R sebesar 1,80%, THD V_S sebesar 1,73% dan THD V_T sebesar 1,73%. Dengan hasil tersebut sudah memenuhi standar IEEE 519-1992.

1. PENUTUP

Dari penelitian ini dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a. Setelah dilakukannya analisis THD V dengan nilai $V_R = 8,41\%$; $V_S = 6,56\%$; $V_T = 7,02\%$ dan THD I dengan nilai $I_R = 12,27\%$; $I_S = 13,22\%$; $I_T = 13,6\%$ sedangkan menurut standar IEEE 519-1992 menyatakan bahwa THD V yang diizinkan hanya 5%.
- b. Kemudian setelah dilakukan perhitungan *filter single tune* dan disimulasikan menggunakan *software* ETAP, bahwa proses pemasangan *filter single tune* dapat mereduksi terjadinya distorsi sehingga dapat meminimalisir dampak kerusakan pada sistem distribusi tenaga listrik.
- c. Pemasangan *filter single tune* pada harmonisa orde ke -3 dan ke -5 terjadi penurunan pada nilai THD V sehingga nilainya adalah $V_R = 1,80\%$; $V_S = 1,73\%$; $V_T = 1,73\%$. Hal ini sudah sesuai dengan standar IEE 519-1992.

PERSANTUNAN

Ucapan Persantunan saya tujukan kepada pihak pihak yang telah memberikan bantuan dan *support* dan nasehat dalam penelitian skripsi dan penulisan artikel ilmiah ini.

- a. Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayahNya sehingga mampu menyelesaikan penelitian dan penulisan artikel ilmiah ini.
- b. Terimakasih kepada Kedua Orangtua saya atas doa dan *supportnya*.
- c. Terimakasih kepada Bapak Rois Fatoni, S.T, M.Sc, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik.
- d. Terimakasih kepada Alm. Ir. Jatmiko dan Bapak Agus Supardi selaku Dosen Pembimbing.

- e. Terimakasih kepada Alm. Hendri Setyo dan Bapak Joko Sulis selaku Pembimbing Lapangan dalam pengambilan data penelitian.
- f. Terimakasih kepada Tarra Junita atas *support* dan dukungannya.
- g. Terimakasih kepada Teman Teman Teknik Elektro Kelas D atas *support* dan dukungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Widiastara, W. A., Rinas, I. W., & Sukerayasa, I. W. (2016). Analisis Pengaruh Total Harmonic Distortion Terhadap Losses dan Efisiensi Transformator RSUD Kabupaten Klungkung. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 16(1), 107.
- Aini, Z., & Mar'i, A. (2021). *Desain Singel Tuned Filter Terhadap Harmonisa Pada Transformator Distribusi* (Issue 4).
- Apriliansyah, D., & Gaffar, A. (2021). Analisis Pengaruh Harmonisa Terhadap Rugi – Rugi Daya Pada Transformator Distribusi ULP Karebosi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro Dan Informatika (SNTEI)*, 2(3), 178–184.
- Ariana, I. G., Arjana, I. G. D., & Rinas, I. W. (2016). Analisis Pengaruh Harmonisa Terhadap Rugi -Rugi Daya (Losses) Pada Transformator Di Penyulang Sedap Malam. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 16(1), 97. <https://doi.org/10.24843/mite.1601.14>
- Mode, S., Supplies, P., Daya, R., & Menjangan, P. (2017). *Studi Analisis Pengaruh Harmonisa Terhadap Rugi-Rugi*. 16(April).
- Ridhatullah. Lubis,R,S. Hasan,H. (2017). *Perbaikan Harmonisa pada Jaringan Distribusi PLN 20KV Banda Aceh dengan Filter Pasif*. Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro 2017, hal. 29-34
- Sentosa Setiadji, J., Machmudsyah, T., & Cipta Wijaya, Y. (2007). Pengaruh Harmonisa Pada Gardu Trafo Tiang Daya 100 kVA di PLN APJ Surabaya Selatan. *Jurnal Teknik Elektro*, 7(1), 13–17. <https://doi.org/10.9744/jte.7.1.13-17>
- Setiadji, J,S. Madmusyah, T. Wijaya, Y,C. (2017). *Pengaruh Harmonisa Pada Gardu Trafo Tiang Daya 100 kVA di PLN APJ Surabaya Selatan*. Jurnal Teknik Elektro Vol. 7, No. 1, Maret 2007: 13 - 17
- Suheta, T., & Haryudo, S. I. (2013). Pengaruh Harmonisa pada Gardu Trafo Tiang Daya 200 kVA di PT. PLN (Persero) APJ Surabaya Utara. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 7–11.
- Tomy Nugroho1, I. R., 1Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, U. D. P., &

2Dosen Program Studi Teknik Elektro, U. D. P. (2018). Analisis Pengukuran Dan Perhitungan Total Harmonic Distortion (Thd) Pada Beban Non Linier. *128 Jurnal Elektro*, 2(3), 1–8.