

# Perhitungan Rugi-Rugi pada Transformator Akibat Harmonisa dan Perancangan Filter Pasif menggunakan MATLAB

Heri Budi Utomo<sup>1</sup>, Elsi Berliani Putri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : iatki.hbu@gmail.com

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : Elsi.berliani.tlis18@polban.ac.id

## ABSTRAK

Tenaga listrik di Indonesia berada pada frekuensi 50 Hz, yang mana komponen digunakan pada suatu sistem tenaga merupakan transformator, timbulnya harmonisa disebabkan karena pengoperasian beban listrik non linier. *Total Harmonic Distortion* (THD) pada transformator berpotensi menimbulkan losses yang sangat berpengaruh terhadap efisiensi transformator, dalam penelitian ini dilakukan pengukuran THD Transformator GR08 8 di Penyulang Menjangan selanjutnya dibandingkan dengan hasil THD pada *simulink MATLAB* yang dilakukan. THDv berdasarkan hasil pengukuran yaitu sebesar 5,2% dan berdasarkan hasil simulasi yaitu sebesar 2,69% THDi berdasarkan hasil dari pengukuran yaitu sebesar 0,8% dan hasil dari simulasi dari THDi yaitu 4,38%. Berdasarkan analisis *losses* yang dihitung sebelum harmonisa sebesar 2,98 kW. Akibat adanya pengaruh harmonisa sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan menjadi 4,036 kW, dengan pemakaian filter pasif THDi mengalami penurunan sehingga THD memenuhi *standart IEEE 519-1992* THD arus setelah pemakaian filter sebesar 4,38%. Metode yang digunakan yaitu perhitungan rugi-rugi pada transformator dan perancangan filter pasif harmonisa terhadap perangkat lunak *MATLAB*. Tujuan tugas akhir ini dibuat mengalami gimana rugi-rugi yang terjalin pada transformator mengetahui hasil perbandingan THD dikala perhitungan serta pengukuran dikala perancangan akumulasi filter pasif buat melakukan *simulink MATLAB*.

## Kata Kunci

Harmonisa, Filter pasif, Transformator

## 1. PENDAHULUAN

Pada masa seperti ini listrik ialah salah satu kebutuhan pokok yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia. Listrik di Indonesia bersumber dari industri Listrik Negeri (PLN) yang mempunyai tegangan 220 Volt serta frekuensi 50 Hz [4]. Transformator berfungsi sebagai penurun tegangan (*stepdown*) dari tegangan tinggi ke tegangan rendah maupun sebaliknya, harmonisa yang timbul pada transformator disebabkan oleh pengoperasian beban-beban listrik non-linier, beban non-linier memiliki bentuk gelombang yang tidak sinusoidal karena telah terdistorsi oleh harmonisa yang ditimbulkan akibat penggunaan perangkat elektronika daya seperti *diode*, *thyristor*, *mosfet* [12]. Tingkat THD pada transformator yang tinggi sehingga melebihi standar yang ditetapkan dapat menyebabkan terjadinya *overheating* (pemanasan berlebih) dan juga peningkatan *losses* (rugi-rugi) sehingga menyebabkan terjadi penurunan efisiensi [5]. Tingginya THD pada pengukuran diketahui melebihi *standart IEEE 519-1992* oleh karena itu melakukan perancangan filter pasif untuk meredamkan harmonic atau mengkomponasikan kerugian. Penelitian ini yang berjudul Perhitungan

Rugi-Rugi pada Transformator Akibat Harmonisa dan Perancangan Filter Pasif Menggunakan *MATLAB*. Metode yang digunakan yaitu perancangan simulasi filter pasif pada transformator menggunakan *software MATLAB* dan melakukan perhitungan rugi-rugi yang terjadi pada transformator.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Studi Literatur

Penelitian yang dilakukan oleh oleh M.N.K.Anuar, D.Ismail ,di dalam *Journal of Engineering Research and Eduction* Vol.6 Pada tahun 2012,yang berjudul pengaruh harmonisa kerugian dan kapasitas trafo distribusi, tujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja trafo saat ini dan ketika diberikan total distorsi pada harmonic atau THD dengan presentase yang sangat berbeda. Penelitian menunjukkan bahwa trafo bekerja lebih efisien jika distorsi harmonic total rendah, yang dikarenakan trafo mulai kehilangan akurasi dan kesalahan dengan peningkatan distorsi harmonisa total. [13]

Penelitian yang dilakukan oleh Salim Afif, I.W sukerayasa, W.G Ariastina, didalam jurnal studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana. Yang berjudul Analisis Pengaruh Harmonisa terhadap Rugi-Rugi Daya pada Sistem Tegangan Rendah dan Transformator GR088 di Penyulang Menjangan yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana perhitungan rugi-rugi tranfo terhadap harmonisa dengan jaringan tegangan menengah 200 kV. Metode yang digunakan melakukan pengukuran harmonisa langsung pada masing-masing beban dengan menggunakan perangkat lunak. [5]

## 2.2 Teori Dasar

### 2.2.1 Konsep Transformator

Transformator ialah suatu perlengkapan listrik yang mampu memindahkan serta mengubah tenaga listrik dari satu ataupun lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain tanpa merubah frekuensi dari sistem yang bersumber pada prinsip induksi elektomagnet [3].

### 2.2.2 Prinsip Kerja Transformator

Prinsip kerja transformator yang mengaitkan bagian utama pada trafo ialah kumparan groundwork kumparan sekunder serta inti trafo. Kumparan ini yang mengelilingin inti besi dalam wujud lilitan, apabila kumparan ini pada sisi groundwork trafo dihubungkan dengan sesuatu sumber tegangan bolak- balik sinusoidal [15].

### 2.2.3 Rugi-Rugi yang dibagi mejadi beberapa macam

#### a.) Rugi Histerisis

rugi yang dikarenakan oleh gesekan molekul yang melawan aliran gaya magnet didalam inti besi.

$$P_h = K_h f B_{max} \text{ watt} \quad (2)$$

#### b.) Rugi Inti

Peningkatan nilai rugi inti umumnya bernilai tidak sangat besar. Perihal ini bertumpu dari tipe besi serta laminasi inti yang digunakan dan juga desain dari inti transformator tersebut.

$$P_i = P_h + P_e \quad (12)$$

#### c.) Rugi - Rugi Oleh (Beban Load Loss)

Rugi- rugi oleh beban( PLL) ialah rugi-rugi dari arus beban, yang paling utama merupakan rugi- rugi tembaga  $I^2R$ ( PR) serta stray losses( PST).

$$P_{LL} = \sum I_h^2 + (\sum I_h^2 \times h^2) \times P_e \text{ (p.u)} \quad (10)$$

#### d.) Rugi-Rugi tanpa beban atau non load loss (PNL)

Arus primer  $I_o$  yang mengalir pada dikala kumparan sekunder tidak dibebani diucap arus penguat.

#### e.) Rugi - rugi Arus Eddy

rugi-rugi yang terjadi terhadap inti besi akibat adanya arus pusar. Arus induksi yang mengalir pada kumparan dan juga inti besi dapat menyebabkan pemanasan berlebih pada transformator.

$$P_{EC} = P_E \times P_{I\phi} \times P_{EC-f} \quad (14)$$

#### f.) Rugi-rugi tembaga

terjadinya pemanasan yang terjadi pada kawat tembaga kumparan transformator.

$$P_R = P_{Cu} \times P_{I\phi} \quad (5)$$

### 2.2.4 Perhitungan Pembebanan Transformator

Dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad (5)$$

### 2.2.5 Rasio Hubung Singkat

Saat menghitung rasio hubung singkat, perlu diketahui nilai arus hubung singkat dan arus beban terlebih dahulu.

$$\text{Arus hubung singkat : } I_{SC} = \frac{S \times 100}{\%Z \times \sqrt{3} \times V} \quad (14)$$

$$\text{Arus beban : } I_L = \frac{P}{PF \times \sqrt{3} \times V} \quad (14)$$

## 2.3 Harmonisa

### 2.3.1 Pengertian Harmonisa

Harmonisa Gelombang tegangan ataupun arus sinusoidal yang memiliki frekuensi yang ialah hasil kali integer dari frekuensi dasar (umumnya 50 ataupun 60 Hz) [3].

### 2.3.2 Faktor Harmonisa atau Presentase Totak Harmonic Distortion (%THD)

*Total Harmonic Distortion* (THD) ialah perbandingan antara nilai rms dari seluruh komponen harmonisa terhadap nilai rms dari nilai fundamentalnya biasanya dinyatakan dalam persen (%) [11]. *Distortion Harmonic Individual* (IHD) adalah rasio antara nilai rms dari harmonisa individual terhadap nilai rms dari dasar standar harmonisa yang digunakan dan nilai rms dari fundamental :

#### a. Standar harmonisa tegangan

Tabel 1. Standar Harmonisa Tegangan [16].

Voltage at PCC	Individual Component Voltage distortion	Total Voltage Distortion (THD)
$V \leq 69 \text{ kV}$	3.00%	5.00%
$69 \text{ kV} < V \leq 161 \text{ kV}$	1.50%	2.50%
$V \leq 161 \text{ kV}$	1.00%	1.50%

Sumber : IEEE Standar 519-1992

b. Standar harmonisa arus

Tabel 2. Standar Harmonisa Arus [16].

Sistem Tegangan	ISC/load	THD1 (%)
$V_{rms} \leq 69 \text{ kV}$	< 20	5.0
	20-50	8.0
	50-100	12.0
	100-1000	15.0
	>1000	20.0
$69 \text{ kV} < V_{rms} \leq 161 \text{ kV}$	< 20	2.5
	20-50	4.0
	50-100	6.0
	100-1000	7.5
	>1000	10.0
$V_{rms} > 161 \text{ kV}$	< 50	2.5
	$\geq 50$	4.0

2.4 Filter Harmonisa

2.4.1 Filter Pasif

Filter pasif yang sering digunakan buat mengkompensasi kerugian energi reaktif akibat adanya harmonisa pada system instalasi, filter pasif didesain buat membagikan bagian spesial buat alihkan arus harmonisa yang tidak di idamkan dalam system tenaga [8].

Untuk menghitung nilai kapasitor pada Filter Pasif :

$$C_n = \frac{Q_n}{V^2 L_n \omega} \quad (12)$$

Untuk menghitung nilai induktor pada Filter Pasif

$$C_n = \frac{1}{(2 \times \pi \times F)^2} \quad (12)$$

2.4.2 MATLAB

Pada matlab *software* yang berfungsi sebagai untuk berbagai kebutuhan, seperti database, pada *matlab software* ini bisa melakukan desain matematis, pemodelan sistem matematis, tools analisis dan testing.

2.4.3 Fast Fourier Transform (FFT)

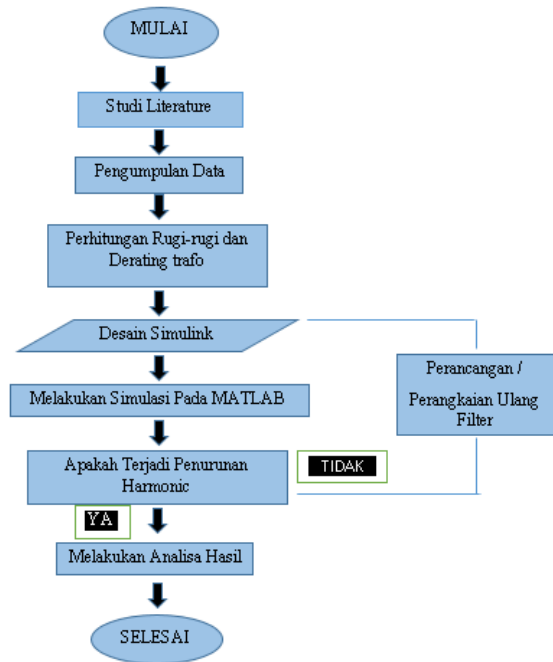
FFT ialah merupakan metode analisis sinyal yang sangat signifikan, dari beberapa penelitian sebelumnya banyak menggunakan FFT ini diberbagai bidang [6].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penulisan tugas akhir ini antara lain studi literatur, pengumpulan data, perhitungan rugi-rugi melakukan perancangan filter pasif pada *software MATLAB*.

3.2 Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Beban pada Transformator

Data pengukuran yang diambil dari jurnal yang berjudul Analisis Pengaruh Harmonisa terhadap Rugi-Rugi Daya pada Sistem Tegangan Rendah dan Transformator GR088 di Penyulang Menjangan [5]. dibawah ini adalah hasil pengukuran harmonisa arus dan tegangan pada transformator 200 kVA di fasa R,S dan T.

Tabel 4.1.1 Data pengukuran Harmonisa Arus dan Tegangan Transformator pada fasa R

Parameter		Waktu	
Fasa R	08.00	10.00	12.00
Tegangan rms (V)	220,6	217,4	221,3
Arus rms (A)	69,5	88,1	102,5
THDv (%)	0,8	0,9	0,8
THDI (%)	5,1	6,5	5,2
Frekwensi (HZ)	50	50	50

Tabel 4.1.2 Data pengukuran Harmonisa Arus dan Tegangan Transformator pada fasa S

Parameter		Waktu	
Fasa S	08.00	10.00	12.00
Tegangan rms (V)	222,8	220,3	223,6
Arus rms (A)	103,0	102,8	109,4
THDv (%)	0,6	0,8	0,6
THDI (%)	5,4	7,2	5,9
Frekwensi (HZ)	50	50	50

Tabel 4.1.3 Data pengukuran Harmonisa Arus dan Tegangan Transformator pada fasa T

Parameter	Waktu		
Fasa T	08.00	10.00	12.00
Tegangan rms (V)	220,4	218,1	222,3
Arus rms (A)	72,7	64,2	93,7
THDv (%)	0,9	0,9	0,9
THDi (%)	4,7	4,4	5,7
Frekwensi (HZ)	50	50	50

Tabel 4.1.4 Hasil Pengukuran dan Perhitungan THDi

Orde Harmonisa	Arus (Amper)		
	R	S	T
1	102,5	109,4	93,7
3	5	5,5	5
5	0,8	1	0,2
7	0,8	0,8	1
9	0,6	0,8	0,6
11	0,6	0,8	0,6
13	0,4	0,4	0,4
1 s/d 13	110,7	118,7	101,5
THDi = ITHD	5,08 %	5,28 %	5,54 %

Tabel 4.1.5 Hasil Pengukuran dan Perhitungan THDv

Orde Harmonisa	Tegangan (Volt)		
	R	S	T
1	221,3	223,6	222,3
3	0,4	0,1	0,2
5	0,3	0,2	0,2
7	0,3	0,2	0,3
9	0,2	0,1	0,1
11	0,3	0,1	0,1
13	0,1	0,2	0,3
1 s/d 13	222,9	224,4	223,9
THDv = VTHD	0,42 %	0,25 %	0,42 %

Tabel 4.1.6 Hasil Perbandingan Perhitungan Pengukuran dan Evaluasi THDi dan THDv

Nama	% (THD) Arus			Evaluasi
	Pengukuran	Perhitungan	Standar	
THDi	5,2	5,08	15%	Dibawah standar
THDv	0,8	0,42	5	

Tabel 4.1.7 Hasil Perhitungan Harmonisa Arus Fasa R

Orde Harmonisa	I <sub>h</sub> (A)	I <sub>h</sub> (p.u)	I <sub>h</sub> <sup>2</sup> (p.u)	I <sub>h2</sub> x h <sub>2</sub> (p.u)
1	102,5	1,00000	1,0000000	1,00000
3	5	0,04878	0,0023795	0,02142
5	0,8	0,007805	0,0000609	0,00152
7	0,8	0,007805	0,0000609	0,00298
9	0,6	0,005854	0,0000343	0,00278
11	0,6	0,005854	0,0000343	0,00415
13	0,4	0,003902	0,0000152	0,00257
Total			1,0025851	1,03542

Tabel 4.1.8 Hasil dari Rugi-rugi Histerisis pada Fasa R

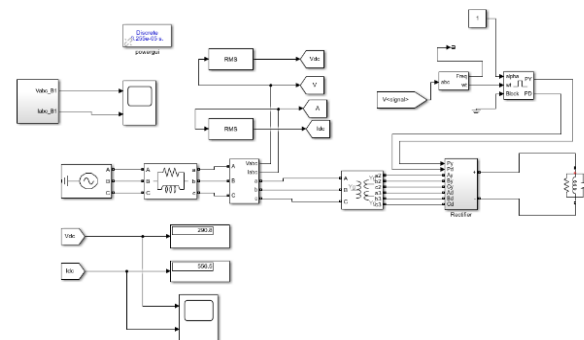
Orde Harmonisa	I <sub>h</sub> (A)	Ph (Watt)
1	102,5	26,65
3	5	3,9
5	0,8	1,04
7	0,8	1,456
9	0,6	1,404
11	0,6	1,716
13	0,4	1,352
Total		10,87

Tabel 4.1.9 Hasil perhitungan rugi-rugi tembaga arus eddy dan histerisis

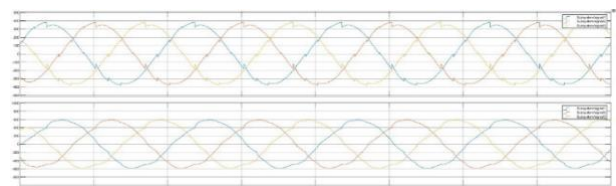
Orde Harmonisa	Rugi-rugi Daya Trafo Akibat Harmonisa			
	PR (kW)	PEC (kW)	Ph (kW)	Total Rugi-rugi (%)
Fasa R	0,275	0,0376	0,0109	0,324
Fasa S	0,295	0,0430	0,0126	0,351
Fasa T	0,325	0,0453	0,0105	0,381
Jumlah	-	-	-	1,056
% Kenaikan	-	-	-	2,19

## 4.2 Gambar Perancangan Filter Pasif Menggunakan Software MATLAB

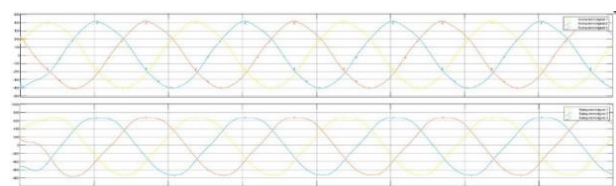
### 4.2.1 Gambar Rangkaian Simulink



Gambar 2. Rancangan Simulasi Sistem Transformator GR088 di Penyulang Menjangkan Pemasangan Filter



Gambar 3. Hasil simulasi sebelum filter

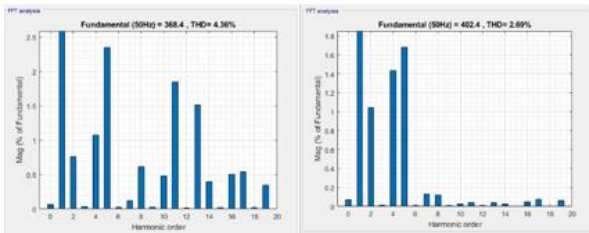


Gambar 4. Hasil simulasi sesudah filter

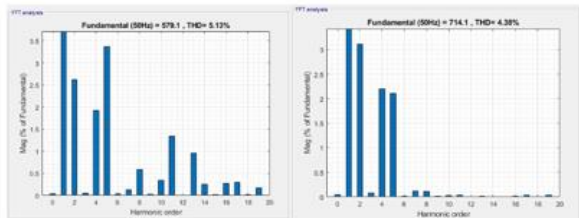
Pada harmonisa yang dapat dikurangi menggunakan atau pemasangan filter pasif untuk mengkompensasikan kerugian energi reaktif pada harmonisa.

#### 4.2.2 Hasil Spektrum THD

Hasil simulasi THD menggunakan metode FFT, sehingga diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah :

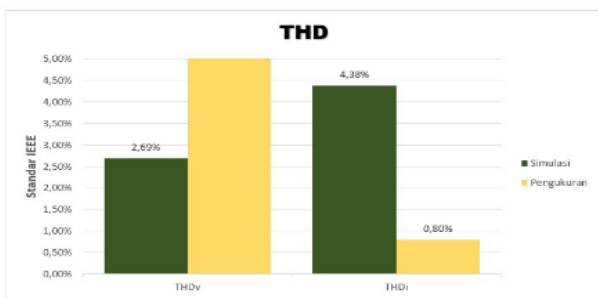


Gambar 5. Spektrum THDv sebelum harmonisa sebesar 4,36% dan sesudah harmonisa sebesar 2,69%



Gambar 6. Spektrum THDi sebelum harmonisa sebesar 5,13% dan sesudah harmonisa sebesar 4,38%

#### 4.2.3 Hasil Perbandingan THD Pengukuran dan Simulasi



Grafik 1. Gambar Perbandingan THD pengukuran dan hasil simulasi

### 4.3 Perhitungan Rugi-Rugi pada Transformator

#### 4.3.1 Perhitungan THD dan standar harmonisa

a. Berdasarkan tabel 4.1.4 THDv data pengukuran arus dan tegangan pada fasa R

$$\begin{aligned} \text{THDi} &= \sqrt{\frac{5^2+0,8^2+0,8^2+0,6^2+0,6^2+0,4^2}{102,5}} \times 100\% \\ &= \sqrt{\frac{25+0,64+0,64+0,36+0,36+0,16}{102,5}} \times 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \sqrt{\frac{27,16}{102,5}} \times 100\% \\ &= 5,08\% \end{aligned}$$

b. Berdasarkan tabel 4.1.5 THDv tegangan pada fasa R

$$\begin{aligned} \text{THDv} &= \sqrt{\frac{0,4^2+0,6^2+0,6^2}{221,3}} \times 100\% \\ &= \sqrt{\frac{0,88}{221,3}} \times 100\% \\ &= 0,42\% \end{aligned}$$

c. Total THDi dan THDv pada fasa R,S,T.

Total THDi	Total THDv
Pada fasa R = 5,08 %	Pada fasa R = 0,42 %
Pada fasa S = 5,28 %	Pada fasa S = 0,25 %
Pada fasa T = 5,54 %	Pada fasa S = 0,25 %

#### 4.3.2 Perhitungan Hasil Pengukuran THDi dan THDv pada Standar IEEE 519-1922 maka Dapat dihitung Nilai I<sub>sc</sub> / I<sub>L</sub>

- Arus Hubung Singkat

Keterangan :

$$\begin{aligned} I_{sc} &= \frac{S \cdot 100}{kV \cdot Z(\%) \cdot \sqrt{3}} \\ &= \frac{200 \times 100}{0,4 \cdot 4 \cdot \sqrt{3}} = 7.216,87 \text{ A} \end{aligned}$$

$$I_L = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_L = \frac{102,5+109,4+93,7}{3} = 101,86$$

- Maka nilai rasio I<sub>sc</sub> / I<sub>L</sub> adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \frac{I_{sc}}{I_L} &= \frac{7.216,87}{101,86} \\ &= 70,85 \end{aligned}$$

#### 4.3.3 Perhitungan Rugi-rugi Total Transformator

$$\begin{aligned} P_{total} &= P_i + P_{cu} \\ &= 480 + 2500 \\ &= 2980 \text{ W} \\ &= 2,98 \text{ kW} \end{aligned}$$

- Perhitungan Arus Beban Penuh

$$\begin{aligned} I_{FL} &= \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = I_{FL} \\ &= \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kv}} \\ &= 288,67 \end{aligned}$$

- Jadi Losses sebelum terjadi harmonisa

$$\begin{aligned} P_{\text{base Transformator}} &= \frac{S \cdot \cos \phi_{\text{rata-rata}}}{\sqrt{3}} \\ &= \frac{200 \cdot 0,92}{\sqrt{3}} \\ &= 106,236 \text{ kW} \end{aligned}$$

- Sehingga nilai P10 dapat dihitung sebagai berikut

$$\begin{aligned} P_{10} &= S_{10} \times \cos \phi \\ &= 115,5 \times 0,92 \\ &= 106,24 \text{ kW} \end{aligned}$$

#### 4.3.4 Tabel 4.1.9 Perhitungan yang dihasilkan pada Rugi-rugi Tembaga Mengalami Peningkatan Sebesar 1,0025851 p.u.

$$\begin{aligned} P_R \text{ (kW)} &= P_{cu} \text{ (p.u.)} \cdot P_{10} \text{ (kW)} \\ &= 1,0025851 \text{ p.u.} \cdot 106,24 \text{ kW} \\ &= 106,5146 \text{ kW} \end{aligned}$$

#### 4.3.5 Tabel 4.1.9 Perhitungan yang dihasilkan pada Rugi-rugi Arus Eddy Mengalami Peningkatan Sebesar 0,03542 p.u.

$$\begin{aligned} P_{EC} \text{ (kW)} &= P_{EC-f} \cdot P_E \text{ (p.u.)} \cdot P_{10} \text{ (kW)} \\ &= 1\% \cdot 0,03542 \text{ p.u.} \cdot 106,24 \text{ kW} \\ &= 0,0376 \text{ kW} \end{aligned}$$

#### 4.3.6 Tabel 4.1.8 Dapat dihitung Besar Rugi-rugi Histerisis pada Orde 3 Fasa R

$$\begin{aligned} P_h &= K_h \cdot f \cdot B_{\text{max}} \\ &= 0,26 \cdot 5 \cdot 3 \\ &= 3,9 \text{ Watt} \end{aligned}$$

#### 4.3.7 Perhitungan Total Rugi-rugi Transformator

$$\begin{aligned} \text{Total} &= \text{Rugi tanpa harmonisa} + \text{Rugi akibat harmonisa} \\ &= 2,98 + 1,056 \\ &= 4,036 \text{ kW} \end{aligned}$$

#### 4.3.8 Dapat dihitung Persentase Kenaikan Rugi-rugi

$$\begin{aligned} \% \text{ Kenaikan Rugi-rugi} &= \frac{\text{Total Rugi-Rugi}}{S \cdot \cos \phi} \times 100\% \\ &= \frac{4,036}{200 \cdot 0,92} \times 100\% \\ &= 2,19 \% \end{aligned}$$

Dari data yang telah melakukan analisa perhitungan rugi-rugi daya pada transformator memperlihatkan bahwa komponen harmonisa yang menyebabkan naiknya rugi-rugi yang terjadi pada transformator saat bekerja. Yang diakibatkan bertambahnya nilai rugi-rugi yang ada pada transformator seperti rugi histerisis, rugi arus eddy.

## 5. KESIMPULAN

Dari proses awal sampai dengan melakukan *simulink* pada *MATLAB* yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa :

- a. Kenaikan persentase rugi-rugi transformator akibat harmonisa setelah melakukan perhitungan 2,19%
- b. Rugi-rugi pada transformator telah melakukan perhitungan sebelum harmonisa sebesar 2,98 kW dan setelah harmonisa yaitu sebesar 4,026 kW
- c. Kandungan nilai THDi pengukuran tertinggi sebesar 7,2% yang terjadi pada fasa S pukul 10.00 sedangkan berdasarkan perhitungan nilai THDi sebesar 5,08 % diketahui dari kedua hasil ini bahwa THDi pada transformator masih dikategori normal.
- d. Semakin besar THDi yang mengalir pada transformator maka penambahan rugi-rugi akibat harmonisa semakin besar.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur Peneliti panjatkan kepada Allah SWT atas berkat rahmat sehingga penulis dapat menyelesaikan jurnal ini dengan baik dan terimakasih pada pembimbing bersedia membantu dalam penelitian serta Politeknik Negeri Bandung atas dukungannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] I Wayan Rinas “Analisis perbandingan penggunaan filter pasif dan filter aktif untuk menanggulangi THD pada sistem kelistrikan diruang puskom jurusan teknik elektro fakultas teknik universitas udayana” jurusan teknik elektro, fakultas teknik, Universitas Udayana
- [2] H. Haziah dan Ali Syafruddin “pemasangan filter pasif dan filter aktif terhadap kandungan harmonisa dan rugi-rugi daya gardu distribusi” *journal of Electrical Engineering dan Telecommunication Malaysia Vol.7 (2017)*
- [3] H. Abdull Halim and Z.Liu “Pengaruh Harmonisa Tegangan pada Kerugian dalam Distribusi Transformator dan efek khusus harmonisa tegangan pada kerugian trafo” *journal of Electrical Engineering and Telecommunications (2016)*
- [4] Salim Afif, I.W sukerayasa, W.G Ariastina “Analisis Pengaruh Harmonisa terhadap Rugi-Rugi Daya pada Sistem Tegangan Rendah dan Transformator GR088 di Penyulang Menjangan” *jurnal studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana*
- [5] Maryclaire Peterseon N, S.J Parviz “analisis filter pasif untuk mereduksi pengaruh harmonisa menggunakan MATLAB” *university new Orlenads new*
- [6] M.Asadi dan A.Jalilian “filter pasif untuk mereduksi dan memanfaatkan harmonisa” *journal driver systems and Teknologi conference pada university of Science and Technology ,Iran.*

- [7] Amit Gupta, Ashok Soni “trafo distribusi analisis kinerja yang membahas tentang trafo biasanya dirancang dan dibangun” *journal of innovative Research In Electrical Instrumentation and Control Engineering Vol.4 November (2016)*
- [8] M.S.Naderi and T.R. Blackburn “pengaruh harmonisa arus dan tegangan pada kerugian trafo distribusi transformator 25 kVA” *journal of Electrical Engineering and Telecommunications University of Ner South Wales (2012)*
- [9] Subhashiash Bhattacharya dan M.B divaen “filter pasif dan aktif untuk mengurangi harmonisa padatransformator” *journal madisione, university Madison.*
- [10] Ben Banerjee dan Deepak M, divan “pengendalian dan pengurangan total harmonic distorsi (THD) filter aktif dan filter pasif” *journal Department of*
- [11] Anuar, M N KIsmaail, DIndra, N “*Different total harmonic distortion effects on current transformer performance*” *journal of Electrical and Engineeing of syndey vol.6 (2012).*
- [12] H. Haziah dan Ali Syafruddin “pemasangan filter pasif dan aktif terhadap kandungan harmonisa dan rugi-rugi daya gardu distribusi” *journal of Electrical Engineering dan Telecomucation Malaysia Vol.7 (2017)*
- [14] Wayan Agus Adi Widiastra, Wayan Rinas, “Analisis Pengaruh Total Harmonic Distortion Terhadap Losses dan Efisiensi Transformator RSUD Kabupaten Klungkung” *Teknologi Elektro, Vol. 16, No1, Januari-April 2017*
- [15] SPLN 50 : 1997 “ Spesifik Transformator Distribusi “ PT. PLN Jakarta
- [16] Daniel J Carnovale P.E, “ Standar Harmonisa IEEE 519-1992