

ANALISIS PEMASANGAN FILTER PASIF DAN AKTIF TERHADAP KANDUNGAN HARMONISA DAN RUGI-RUGI DAYA GARDU DISTRIBUSI KA 2085 DI PT. PLN (Persero) DISTRIBUSI BALI RAYON MENGWI

I Putu Budi Aryawan¹, Antonius Ibi Weking², I Wayan Rinas³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana Denpasar – Bali

Email : budiaryawan1@gmail.com¹, tony@ee.unud.ac.id², rinas@unud.ac.id³

ABSTRAK

Pengoperasian beban-beban nonlinear dapat menimbulkan distorsi harmonisa dalam bentuk gelombang tegangan dan arus yang mengakibatkan kondisi sistem kelistrikan tidak normal. Kandungan THD (*Total Harmonics Distortion*) arus yang berlebih dapat menyebabkan kualitas daya sistem menjadi lebih buruk, sehingga menyebabkan faktor daya sistem menjadi lebih rendah. Filter aktif dan filter pasif yang bertujuan untuk meredam harmonisa yang muncul. Analisis THD hasil simulasi dan pengukuran sesuai dengan standar IEEE 519-2014 yang ditentukan dan analisis perancangan filter pasif dan filter aktif yang tepat untuk menekan distorsi harmonisa. Hasil analisis menunjukkan pemasangan filter aktif menyebabkan kandungan THD arus dan tegangan telah sesuai dengan standar IEEE 519-2014 yang ditentukan yaitu $\leq 12\%$ dan 5% . Penggunaan filter pasif dan aktif dapat menurunkan kandungan THDi masing-masing menjadi $8,45\%$ dan $3,07\%$. Sedangkan untuk THDv turun masing-masing menjadi $3,68\%$ dan $3,45\%$ dimana sudah memenuhi standar IEEE 519-2014. Rugi-rugi daya menurun masing-masing menjadi sebesar $4,36$ kW dan $3,86$ kW. Pemasangan filter aktif lebih bagus untuk menurunkan THD (*Total Harmonics Distortion*) dan rugi-rugi daya pada transformator KA 2085.

Kata kunci : Harmonisa, filter aktif, filter pasif dan rugi – rugi daya

ABSTRACT

Operation of nonlinear loads can cause harmonic distortion in the voltage and current waveforms that result in abnormal electrical system condition. Content THD (*Total Harmonics Distortion*) an excess flow can cause power quality systems become worse, thus causing the system power factor is lower. Active filter and Passive filter which aims to reduce harmonics that arise. Analysis THD simulation and measurement results in accordance with IEEE 519-2014 and analysis designing of a passive filter and active filter is right to suppress harmonic distortion. The analysis shows that the installation of active filters causes the current and voltage THD contents to comply with the standard IEEE 519-2014 standards is $\leq 12\%$ and 5% . The use of passive and active filters can reduce THDi content to 8.45% and 3.07% , respectively. While for THDv decreased respectively to 3.68% and 3.45% which already meet the IEEE 519-2014 standards. Power losses decreased respectively to 4.36 kW and 3.86 kW. Installation of active filters is better for reducing THD (*Total Harmonics Distortion*) and power losses in KA 2085 transformers.

Keywords: Harmonics, active filters, passive filters and power losses

1. PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan kualitas daya listrik adalah permasalahan harmonisa. Timbulnya harmonisa pada sistem tenaga listrik salah satunya ditimbulkan oleh alat-alat yang mempunyai impedansi *nonlinier* seperti penyearah (*rectifier*), pengubah frekuensi (*frequency converter*) dan lampu dengan pelepasan gas (*gas discharge lamp*).

Banyaknya pengoperasian beban non-linier pada sistem tenaga listrik telah membuat arus sistem menjadi sangat terdistorsi dengan presentase kandungan THD (*Total Harmonic Distortion*) yang sangat tinggi.

Gardu distribusi KA2085 terletak di Br. Padang Badung Bali, daya terpasangnya sebesar 160 kVA melayani 54 pelanggan. Sesuai kapasitas transformator 160 kVA dan

rasio hubung singkat transformator, *standard* harmonisa yang harus dimiliki menurut *standard IEEE 519-2014* yaitu $\leq 12,0\%$ (*THD* arus) dan $\leq 5,0\%$ (*THD* tegangan) [1].

Sehingga dilakukan analisis mengenai pemasangan filter aktif dan filter pasif dan pengaruhnya terhadap kandungan harmonisa dan rugi-rugi daya pada transformator KA 2085.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Harmonisa

Harmonisa adalah gejala pembentukan gelombang sinusoidal dengan frekuensi yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Arus yang tidak sinusoidal ini dapat menimbulkan banyak dampak negatif, baik bagi pelanggan maupun PLN (*power provider*). Kerugian yang diakibatkan oleh harmonisa mencakup aspek teknis, biaya dan keandalan [2].

2.1.1. Pengaruh harmonisa dalam sistem tenaga listrik

Ada beberapa pengaruh yang menimbulkan panas lebih pada trafo ketika arus beban mengandung harmonisa yaitu rugi tembaga dan rugi arus Eddy [3].

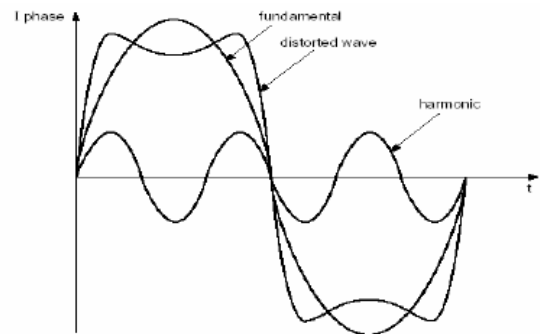
Rugi tembaga adalah terjadinya pemanasan yang terjadi pada kawat tembaga kumparan transformator. Adanya aliran arus yang berlebih yang melewati nilai resistansinya dapat menyebabkan terjadinya pemanasan pada kawat tembaga masing-masing kumparan.

Eddy current loss (rugi arus Eddy) yaitu rugi-rugi yang terjadi pada inti besi akibat adanya arus pusar. Arus induksi yang mengalir pada kumparan dan inti besi dapat menyebabkan pemanasan berlebih pada transformator. Komponen dari rugi-rugi ini meningkat dengan kuadrat dari frekuensi arus penyebab *Eddy current loss*.

2.1.2. Sumber Harmonisa

Terdapat dua jenis beban pada sistem tenaga listrik yaitu beban linier dan beban *non-linier*. Beban *linier* memberikan bentuk gelombang keluaran *linier* artinya arus yang mengalir sebanding dengan perubahan tegangan. Sedangkan beban *nonlinier* memberikan bentuk gelombang keluaran arus yang tidak sebanding dengan tegangan dasar, sehingga gelombang arus maupun tegangannya tidak

sama dengan gelombang masukannya seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1 [4].



Gambar 1. Gelombang *fundamental*, gelombang harmonisa dan gelombang terdistorsi [3].

2.1.3 Standard Harmonisa pada sistem tenaga listrik

Berdasarkan *IEEE standard 519-2014* berisikan tentang nilai-nilai yang dijadikan sebagai batas maksimum distorsi harmonisa tegangan yang direkomendasikan terhadap sistem seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2 berikut.

Tabel 1. Voltage Distortion Limits [1].

Bus Voltage (V) at PCC	Individual Harmonic (%)	Total Harmonic Distortion (%)
$V \leq 1 \text{ kV}$	5.0	8.0
$1 \text{ kV} < V < 69 \text{ kV}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} < V < 161 \text{ kV}$	1.5	2.5
$161 \text{ kV} < V$	1.0	1.5

Tabel 2. Current Distortion Limits for System Rated 120V Through 69kV [1].

I_{sc}/I_L	Maximum Harmonic Current Distortion in Percent of I_L					THD (%)
	Individual Harmonic Order (odd harmonic) ^{3b}					
	$3 \leq h \leq 11$	$11 \leq h \leq 17$	$17 \leq h \leq 23$	$23 \leq h \leq 35$	$35 \leq h \leq 50$	
$< 20^c$	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
$20 < 50$	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
$50 < 100$	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
$100 < 1000$	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

2.1.4. Rasio Hubung Singkat

Perhitungan rasio hubung singkat (*Short-Circuit Ratio*) harus diketahui terlebih dahulu nilai arus hubung singkat (*Short-Circuit Current*) dan arus beban (*Load Current*) [5].

$$= \frac{S \times 100}{\%Z \times \sqrt{3} \times 4} \frac{I_{sc}}{I_L} \quad (1)$$

Keterangan :

I_{SC} adalah Arus hubung singkat (A)

$$= \frac{P}{PF \times \sqrt{3} \times V} \times I_L \quad (2)$$

Keterangan :

I_L adalah Arus beban (A)

P adalah Daya Aktif (W)

P_F adalah Power Factor

Sehingga Short Circuit Ratio = $\frac{I_{SC}}{I_L}$

2.2. Rugi-Rugi Daya

2.2.1. Rugi rugi daya pada transformator

Rugi-rugi suatu transformator secara teknis dapat disebut sebagai *load loss* (P_{LL}). Terdapat dua komponen dalam perhitungan *load loss* yaitu rugi-rugi tembaga (I^2R) dan *Eddy-Current Loss* (P_{EC}). Dalam satuan per unit (*p.u*) *load loss* dapat di hitungan dengan Persamaan 3 [6].

$$P_{LL} = \sum I_h^2 + (\sum I_h^2 \times h^2) \times P_{EC-R} (pv) \quad (3)$$

Keterangan :

P_{EC-R} adalah *Eddy Current Loss Factor*

h adalah Harmonisa (%)

I_h adalah Arus Harmonisa (A)

Faktor *Eddy current loss* dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Typical Values of P_{EC-R} [6]

Type	MVA	Voltage	P_{EC-R} (%)
Dry	≤ 1	-	3-8
	≤ 1.5	5 kV (High Voltage)	12-20
	≤ 1.5	15 kV (High Voltage)	9-15
Oil-filled	≤ 2.5	480 V (Low Voltage)	1
	2.5 - 5	480 V (Low Voltage)	1-5
	> 5	480 V (Low Voltage)	9-15

2.2.2. Rugi rugi daya pada Saluran

Mengalirnya arus harmonisa (I_{rms}) pada penghantar, menyebabkan terjadinya penambahan panas sehingga terjadi peningkatan rugi-rugi I^2R pada penghantar tersebut. Rugi-rugi daya saluran dengan kandungan harmonisa dapat dihitung menggunakan persamaan 4.

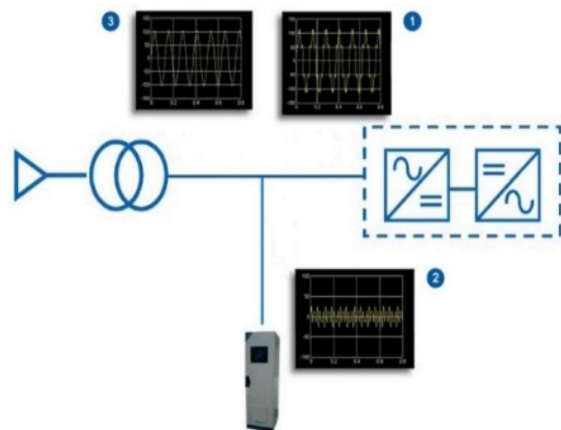
$$P_{Loss} = \sum_{n=2}^{\infty} I_n^2 R_n \quad (4)$$

2.3. Filter Harmonisa

Filter harmonisa adalah suatu teknologi elektronika daya untuk menghasilkan komponen arus spesifik yang bertujuan untuk meredam arus harmonisa yang dihasilkan oleh beban *nonlinier*.

2.3.1. Filter aktif

Prinsip dasar dari Filter Aktif menggunakan teknologi elektronika daya untuk menghasilkan komponen arus spesifik yang bertujuan untuk menggagalkan komponen arus harmonisa yang dihasilkan oleh beban *non-linear* [7].



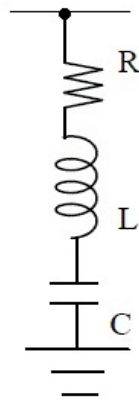
Gambar 2. Rangkaian Filter Aktif

Filter aktif harmonisa mirip dengan generator arus harmonisa yang menggunakan elektronika daya untuk mengukur harmonisa yang di hasilkan oleh beban *nonlinier* kemudian akan menyuntikkan arus harmonisa berlawanan dari *amplitudo* yang sama. Sehingga arus yang di salurkan oleh sumber listrik akan tetap *sinusoidal* karena harmonisa akan saling meniadakan.

2.3.2. Filter pasif

Filter ini sebagian besar dirancang untuk mengalihkan harmonisa arus yang tidak di inginkan dalam sistem tenaga [2].

Input



Gambar 3. Rangkaian Filter Pasif Single Tuned

Parameter utama yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan R,L,C pada saat perancangan filter pasif adalah *quality factor* (Q), nilai ini akan menentukan ketajaman penalaan. Pada orde harmonisa prekuensi rendah biasanya Q berharga antara 30 sampai dengan 60.

2.3.3. Perancangan filter

Menentukan nilai kapasitansi kapasitor sesuai kebutuhan kompensasi faktor daya [8].

$$Q_c = P (\tan \theta_1 - \tan \theta_2) \quad (5)$$

Keterangan :

- P adalah Daya beban *nonlinier*
- θ_1 adalah faktor daya pada sistem
- θ_2 adalah faktor daya normal
- Q_c adalah perbaikan faktor daya
Menentukan nilai kapasitor

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c} \quad (6)$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_c} \quad (7)$$

Keterangan :

- C adalah nilai kapasitor
- V adalah tegangan pada saluran (kV)
- Q_c adalah perbaikan faktor daya
- X_c adalah nilai kapasitor pada simulasi
- f adalah frekuensi fundamental (Hz)

Nilai induktor dicari berdasarkan prinsip resonansi

$$L = \frac{1}{(C)(2\pi f n)^2} \quad (8)$$

$$X_L = 2\pi f L \quad (9)$$

Keterangan :

- L adalah Nilai Induktor
- C adalah Nilai kapasitor
- n adalah Nilai orde harmonisa yang akan dieliminasi
- X_L adalah Nilai induktor pada simulasi
Menentukan nilai resistor

$$R = \frac{n \cdot X_L}{Q} \quad (10)$$

- Q adalah Ukuran ketajaman filter
- R adalah Nilai resistor
- X_L adalah Nilai induktor pada simulasi
- n adalah Nilai orde harmonisa yang akan dieliminasi

2.4. ETAP (Electric Transient and analysis Program)

ETAP merupakan perangkat lunak yang dapat mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam offline untuk simulasi tenaga listrik dan online untuk pengelolaan data *real time*. *Harmonic analysis* pada ETAP memberikan fasilitas untuk mensimulasikan, memodelkan dan menganalisis fenomena harmonisa pada sistem tenaga listrik.

3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang bersumber dari pengukuran langsung harmonisa pada seluruh beban tegangan rendah PT. PLN (Persero) Rayon Mengwi yang bersumber dari gardu distribusi KA 2085. Serta beberapa data sekunder yang bersumber dari buku-buku yang berhubungan dengan topik.

Berikut tahapan proses analisis :

1. Pengumpulan data beban masing-masing pelanggan PT. PLN (Persero), data penghantar JTR dan SR, data Transformator KA 2085, dan data konfigurasi JTR dan SR,
2. Rekapitulasi nilai harmonisa masing-masing beban berdasarkan data beban masing-masing pelanggan,
3. Menghitung rugi-rugi daya pada Transformator KA 2085, untuk penggunaan filter pasif dan filter aktif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Beban Pada KA 2085

Tranformator Distribusi KA 2085 mempunyai beban sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil pengukuran *power faktor* pada KA 2085

Waktu	Hasil Pengukuran		
	P _F R	P _F S	P _F T
08.00	0,88	0,87	0,91

Tabel 5 Hasil pengukuran arus dan tegangan pada KA 2085

Waktu	Hasil Pengukuran					
	R-N (V)	S-N (V)	T-N (V)	I _R (A)	I _S (A)	I _T (A)
08.00	227,2	242,3	221,0	54,1	31,3	84,9

4.2. Rasio hubung singkat

Arus hubung singkat (I_{sc}) dapat dihitung dengan Persamaan 1 sebagai berikut.

$$I_{sc} = \frac{160 \times 100}{4 \times \sqrt{3} \times 0,4} = 5714,3 \text{ A}$$

Arus permintaan maksimal (I_L) dapat dihitung dengan Persamaan 2 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P_{\text{fasa R}} &= 54,1 \times 227,2 \times 0,88 = 10816,6 \text{ W} \\ P_{\text{fasa S}} &= 31,3 \times 242,3 \times 0,87 = 6598,1 \text{ W} \\ P_{\text{fasa T}} &= 84,9 \times 221,0 \times 0,91 = 17074,2 \text{ W} \end{aligned}$$

$$I_L = \frac{84,5}{0,89 \times \sqrt{3} \times 0,4} = 57,5 \text{ A}$$

Jadi

$$\frac{I_{sc}}{I_L} = \frac{5714,3}{57,5} = 99,4$$

Sehingga *standard* yang digunakan menurut *IEEE standard 519-2014* adalah sebagai berikut.

Keterangan :

I_{sc}/I_L adalah $50 < 100$

THD adalah 12,0%

Orde <11 adalah 10,0%

Orde 11-17 adalah 4,5%

Orde 17-23 adalah 4,0%

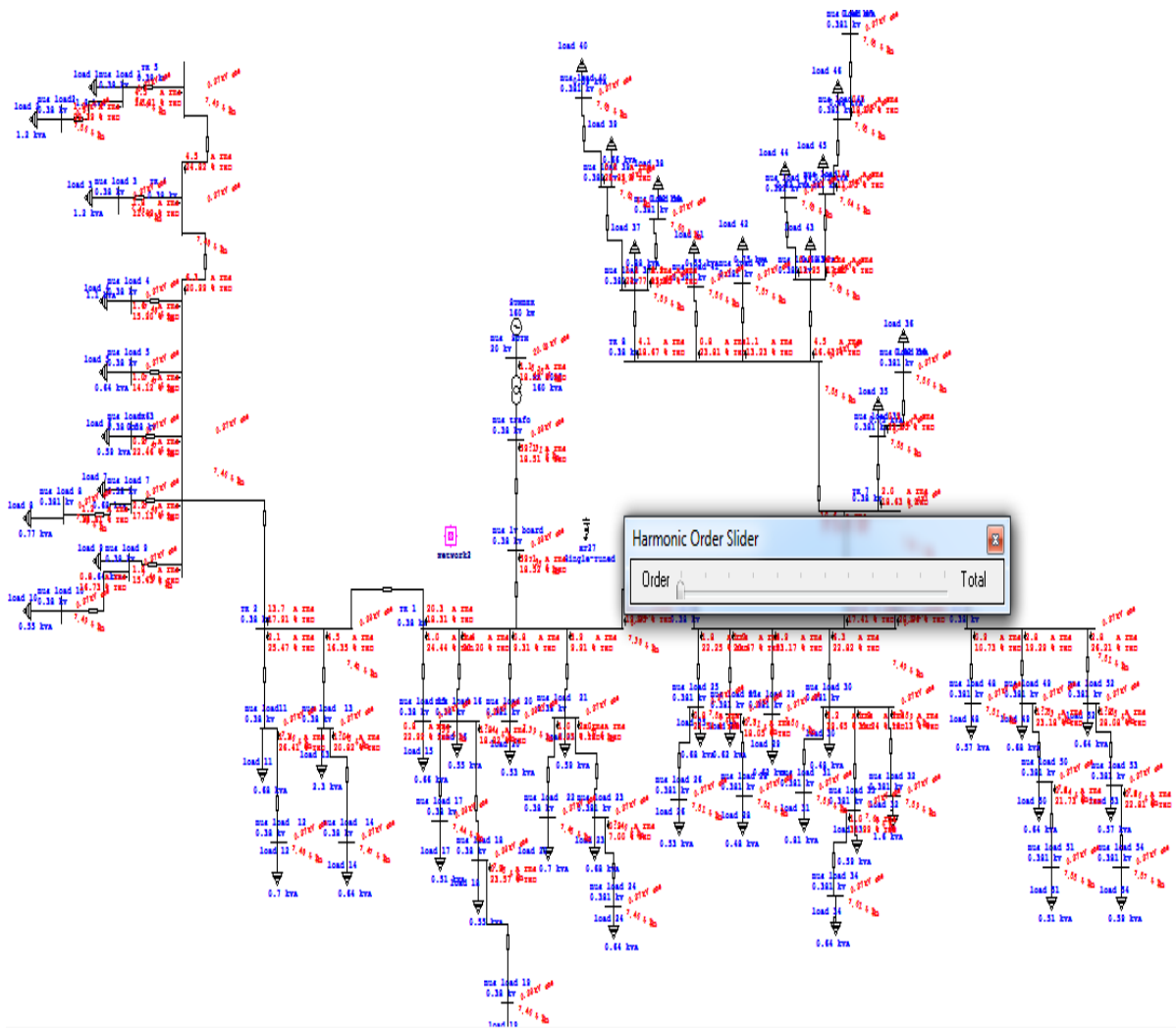
Orde 23-35 adalah 1,5%

Orede >35 adalah 0,7%

Standard harmonisa tegangan menggunakan tegangan sisi sekunder trafo yaitu 400V atau lebih kecil dari 69V sehingga *standard* yang digunakan menurut *IEEE standard 519-2014 THD_v* adalah 5%.

4.3. Hasil Simulasi Menggunakan Mode *Harmonic Analysis*

Data hasil *running* menunjukkan kandungan harmonisa pada transformator yaitu THD_v 7,31 (belum memenuhi *standard*) dan THD_i 18,52 (belum memenuhi *standard*) sedangkan untuk *power factor* dari transformator KA2085 yaitu sebesar 89%.



Gambar 4. Tampilan Hasil *Running* Program ETAP PowerStation

4.4 Perancangan Filter Harmonisa

Terlebih dahulu harus menentukan orde harmonisa yang akan dieliminasi yaitu terletak pada orde ke 5. Perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

Daya reaktif untuk memperbaiki faktor daya dapat dihitung dengan Persamaan 5 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q_C &= P (\tan \theta_1 - \tan \theta_2) \\
 &= 34 (\tan 27,13 - \tan 11,47) \\
 &= 10,54 \text{ kVAR}
 \end{aligned}$$

Nilai Kapasitor pada simulasi dapat dihitung dengan Persamaan 6 dan 7 sebagai berikut.

$$X_C = \frac{0,14}{0,011} = 12,7 \Omega$$

$$C = \frac{1}{2.3,14.50.12,7} = 2,5 \times 10^{-4} \text{ F}$$

Nilai induktor pada simulasi dapat dihitung dengan Persamaan 8 dan 9 sebagai berikut.

$$L = \frac{1}{(2,5 \times 10^{-4}) \cdot (2.3,14.50.5)^2} = 1,6 \times 10^{-3} \text{ H}$$

$$X_L = 2.3,14.50.1,6 \times 10^{-3} = 0,5 \Omega$$

Nilai resistor pada simulasi dapat dihitung dengan Persamaan 10 sebagai berikut.

Perancangan filter pasif dan filter aktif, nilai Q yang digunakan adalah 20 karena distorsi harmonisa yang besar terdapat pada orde 20 ke bawah.

$$R = \frac{5 \cdot (0.5)}{20} = 0,145 \Omega$$

Sehingga komponen filternya sebagai berikut.

Tabel 6. Nilai Komponen Filter

Parameter	Nilai
Q _c	10,54 kVAR
X _c	12,7 Ω
C	2,5 x 10 ⁻⁴ F
X _l	0,5 Ω
L	1,6 x 10 ⁻³ H
R	0,145 Ω

4.5 Rugi-Rugi Daya Sebelum Pemasangan Filter Harmonisa

Berdasarkan data hasil running, dapat dicari nilai rugi-rugi sistem distribusi pada trafo 160 KVA setelah terpengaruh harmonisa seperti dibawah ini.

$$S = 160 \text{ KVA}$$

$$\text{Cos}\phi = 0,89$$

$$P_{\text{Base satu fasa}} = S \cdot \text{Cos}\phi / \sqrt{3}$$

$$= (160 \text{ KVA} \times 0,89) / \sqrt{3}$$

$$= 82,2 \text{ kW}$$

Rugi-rugi daya pada transformator setelah terpengaruh harmonisa dapat dicari dengan cara sebagai berikut.

Untuk Orde 1

$$I_{h1} (\text{pu}) = \frac{I_{h1}}{I_1} = \frac{58,25}{58,25} = 1,000 \text{ pu}$$

Menggunakan cara yang sama, maka diperoleh arus harmonisa dalam satuan per-unit, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan losses pada Trafo

Orde	I _h	I _h (pu)	I _h ²	I _h ² x n ²
1	57,79	1	1	1
3	0	0	0	0
5	8,54	0,147	0,021874	0,54686
7	5,49	0,095	0,009025	0,442225
9	0	0	0	0
11	0,288	0,005	0,000025	0,003021
13	0,14	0,002	0,0000061	0,001039
15	0	0	0	0
17	0,002	0,00003	0,0000000009	0,00000026
19	0,001	0,00002	0,0000000004	0,0000002
Jumlah			1,030931	1,993146

Berdasarkan Tabel 7, maka rugi-rugi beban dapat dihitung menggunakan Persamaan 3 sebagai berikut.

$$P_{LL} = 1,03093 + 1,99314 \times 0,01 = 1,05086 \text{ p.u}$$

Sehingga rugi-rugi I²R bertambah sebesar 0,03093 p.u dan rugi eddy current bertambah sebesar 0,009931 p.u.

Rugi tembaga:

$$P_{cu} = 0,03093 \text{ p.u} \times 82,2 \text{ kW} = 2,54 \text{ kW}$$

Rugi eddy current:

$$P_i = 0,009931 \text{ p.u} \times 82,2 \text{ kW} = 0,82 \text{ kW}$$

Jadi penambahan losses.

$$P_{LL} = 3 \cdot (P_{cu} + P_i) = 3 \cdot (2,54 + 0,82) = 10,08 \text{ kW}$$

Menghitung rugi-rugi daya saluran akibat pengaruh harmonisa dapat menggunakan Persamaan 4 sebagai berikut.

$$I_{rms} (\text{Arus harmonisa}) = 58,92 \text{ A.}$$

$$L (\text{Panjang penghantar}) = 10 \text{ m}$$

$$= 0,01 \text{ km.}$$

$$R (\text{Tahanan}) = 0,5096 \Omega/\text{km} \times$$

$$0,01 \text{ km}$$

$$= 0,01 \Omega$$

$$P_{Loss} = 3 \times (I_{rms})^2 \cdot R$$

$$= 3 \times (58,92)^2 \times 0,01$$

$$= 53,07 \text{ Watt}$$

$$= 0,053 \text{ kW}$$

Menggunakan cara perhitungan yang sama seperti di atas, dapat dianalisis untuk masing-masing saluran yang memiliki nilai arus r.m.s (I_{rms}).

Total rugi-rugi pada transformator KA 2085 sebelum pemasangan filter yaitu 2,4 kW (rugi-rugi trafo tanpa beban) + 10,08 kW (rugi-rugi trafo dengan beban nonlinier) + 0,16 kW (rugi-rugi saluran) menjadi 12,64 kW

4.6 Analisa Sebelum dan Sesudah Pemasangan Filter Aktif dan Pasif Harmonisa

Hasil simulasi sebelum dan setelah penggunaan filter aktif dan pasif harmonisa serta perbandingan terhadap Standar IEEE 519-2014.

Tabel 8. Kandungan THD_i pada Transformator KA 2085

Tempat	Standard IEEE 519-2014	Tanpa Filter	Filter pasif	Filter aktif
Trafo	12%	18,52%	8,45%	3,07%

Tabel 8 menunjukkan penggunaan filter pasif THD arus dapat diturunkan 10,07% menjadi 8,45% (sudah memenuhi standard). Sedangkan penggunaan filter aktif dapat menurunkan THD arus sebesar 15,45% menjadi 3,07% (sudah memenuhi standard).

Tabel 9. Kandungan THD_i pada Transformator KA 2085

Tempat	Standad IEEE 519-2014	Tanpa Filter	Filter pasif	Filter aktif
Trafo	5%	7,31%	3,68%	3,45%

Tabel 9 menunjukkan THD tegangan yang turun masing-masing sebesar 3,62 % dan 3,85% menjadi 3,68% (penggunaan filter pasif) dan 3,45 % (penggunaan filter aktif).

Tabel 10. Rugi – rugi daya pada transformator KA 2085

Tempat	Rugi - rugi daya		
	Tanpa filter (kW)	Dengan filter pasif (kW)	Dengan filter aktif (kW)
Trafo	12,64	4,36	2,86

Penurunan juga dialami rugi-rugi pada transformator, dimana penggunaan filter pasif menurunkan rugi-rugi transformator sebesar 8,28 kW menjadi 4,36 kW. Sedangkan penggunaan filter akti dapat menurunkan rugi-rugi pada transformator sebesar 9,78 kW menjadi 2,86 kW.

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Kandungan THD_i ditransformator distribusi KA 2085 sebelum menggunakan filter harmonisa sebesar 18,52%, untuk nilai THD_v sebesar 7.31% dimana kondisi tersebut belum memenuhi standard IEEE 519-2014 sedangkan untuk rugi-rugi daya sebesar 12.64kW.

Penggunaan filter pasif dan aktif dapat menurunkan kandungan THD_i masing-masing menjadi 8,45% dan 3,07%. Sedangkan untuk THD_v turun masing-masing menjadi 3,68% dan 3.45% dimana sudah memenuhi standar IEEE 519-2014. Rugi-rugi daya menurun masing-masing menjadi sebesar 4,36 kW dan 3,86 kW.

5.2. Saran

Penelitian selanjutnya perlu dikembangkan penggunaan filter hybrid serta perlu menentukan metode utuk dapat memunculkan

nilai THD_i dan THD_v pada setiap fasa di software ETAP.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] "IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control Power System," IEEE Std 519-2014, 2014.
- [2] W. Rinas, "Analisis Perbandingan Penggunaan Filter Pasif Dan Filter Aktif Untuk Menanggulangi THD Pada Sistem Kelistrikan Di Ruang Puskom Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana". *JURNAL TEKNOLOGI ELEKTRO UNUD* Vol. 10, No. 1, Januari-Juni 2011.
- [3] W. Rinas, "Studi Analisis Dan Derating Akibat Pengaruh THD Pada Gardu Transformator Daya Di Fakultas Teknik Universitas Udayana". *JURNAL TEKNOLOGI ELEKTRO UNUD* Vol. 11, No. 1, Januari-Juni 2012.
- [4] F.C.D.L. Rosa, *Harmonic And Power System*. USA: Taylor & Francis Group, LLC. 2006.
- [5] J. H. Harlow, *Electric Power Transformer Engineering*. USA: CRC Press LLC, 2004.
- [6] R. C. Dugan, dkk, *Electrical Power System Quality, Second Edition*. USA: The McGraw-Hill Companies, 2004
- [7] A. I. Weking, dkk, "Simulasi Penentuan Penempatan Filter Aktif Shunt Untuk Mendapatkan Distorsi Daya Yang Terkecil Di Blue Point Villa & SPA". *JURNAL TEKNOLOGI ELEKTRO UNUD* Vol. 12, No. 2, Juli-Desember 2013.
- [8] W.Prasetyadi, R.S.Wibowo, O.Penangsang, "Evaluasi Harmonisa dan Perencanaan Filter Pasif pada Sisi Tegangan 20 kV Akibat Penambahan Beban pada Sistem Kelistrikan Pabrik Semen Tuban". *JURNAL TEKNIK ITS* Vol. 1, No. 1 (Sept. 2012) ISSN: 2301-9271. 2012.