

# Simulasi Pengaruh Pengoperasian Filter Aktif Shunt Terhadap Kenaikan Efisiensi Transformator di RSUD Kabupaten Klungkung

A A Gede Agung Brama Dinanta, I Wayan Rinas, Anak Gede Maharta Pelayan  
 Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
 Email : [agungbrama09@gmail.com](mailto:agungbrama09@gmail.com)

## Abstrak

Tingginya tingkat harmonisa yang terdapat pada penggunaan energi listrik dapat menyebabkan kualitas daya sistem menjadi lebih buruk. Bentuk gelombang tegangan dan arus sistem terdistorsi menimbulkan terjadinya peningkatan *losses* sehingga berpengaruh terhadap efisiensi dari transformator. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis THD arus di RSUD Kabupaten Klungkung. Hasil simulasi akan dibandingkan dengan standar IEEE 519-2014 pada kondisi *existing* dan kondisi saat pengoperasian filter aktif shunt, juga dilakukan analisa *losses* sebelum dan sesudah terpengaruh harmonisa. Hasil analisis *Losses* kondisi existing adalah *losses* Phasa R 2,310 kW, Phasa S 2,363 kW, Phasa T 2,285 kW. Simulasi pengoperasian filter aktif *shunt* didapat *losses* untuk phasa R 2,141 Kw, Phasa S 2,158 kW, Phasa T 2,142 Kw. Sehingga *losses* total pada saat *existing* sebesar 6,958 kW dan setelah di pasang filter aktif *losses* totalnya sebesar 6,441 kW. Tingkat efisiensi transformator di RSUD Kabupaten Klungkung pada saat *existing* sebesar 96,18% dan setelah dipasang filter aktif *shunt* efisiensinya sebesar 96,46%.

**Kata Kunci :** Harmonisa, THDi, filter aktif shunt, Losses dan Effisiensi

## Abstract

The high level of harmonics found in the use of electrical energy can cause the system's power quality to get worse. the voltage and current waveforms of a distorted system give rise to an increase in *losses* that affect the efficiency of the transformer. In this study a current THD analysis will be carried out in Klungkung District Hospital. The simulation results will be compared with the IEEE 519-2014 standard in the conditions *existing* and the conditions at the operation of the shunt active filter, analysis is also carried out *losses* before and after the harmonics are affected. The results of the analysis of *Losses* the existing conditions are *losses* of Phase R 2.310 kW, Phase S of 2.363 kW, Phase T of 2.285 kW. The operating simulation of active filters *shunt* obtained *losses* for phase R 2,141 Kw, Phases S 2,158 kW, Phase T 2,142 kW, so that the *losses* total at the time of the *existing* amounted to 6,958 kW and after installation of active filters *losses* were total 6,441 kW. The level of efficiency transformer in hospitals when Klungkung *existing* amounted to 96.18% and after being fitted active filter *shunt* efficiency of 96.46%.

**Keywords:** Harmonics, THDi, active shunt filters, Losses and Efficiency

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang sangat cepat akan membawa dampak dalam kehidupan manusia. Peralatan listrik yang saat ini sering dikembangkan kebanyakan berbasis mikro

elektronik. Peralatan jenis ini merupakan jenis beban non linier, beban nonlinier memiliki bentuk gelombang yang tidak sinusoidal karena telah terdistorsi oleh harmonisa yang ditimbulkan akibat penggunaan perangkat elektronika daya seperti diode, *thyristor*, *mosfet*. [1]

Tingginya tingkat harmonisa yang terdapat pada penggunaan energi listrik dapat

menyebabkan kualitas daya sistem menjadi lebih buruk. bentuk gelombang egangan dan arus sistem terdistorsi, rugi-rugi daya pada sistem meningkat, pemanasan transformator yang berlebih, peningkatan arus netral sistem yang menyebabkan beban lebih pada konduktor netral, dan penggunaan energi listrik menjadi tidak efisien. [2]

Filter harmonisa merupakan suatu teknologi elektronika daya untuk menghasilkan komponen arus spesifik yang bertujuan untuk meredam arus harmonisa yang dihasilkan oleh beban non linier. [3]

Beban nonlinier memiliki bentuk gelombang yang tidak sinusoidal karena telah terdistorsi oleh harmonisa yang ditimbulkan akibat penggunaan perangkat *static switching* seperti *diode*, *thyristor*, *mosfet* yang banyak digunakan pada peralatan rumah sakit seperti komputer, pendingin ruangan (AC), mikroskop, *dialyzer*, *hematology analyzer*, *blood analyzer*, dan berbagai peralatan medis lainnya.[4]

Peralatan – peralatan yang banyak digunakan di RSUD Klungkung yaitu memiliki mesin anestesi (alat ini digunakan saat oprasi), lampu oprasi, mesin EKG (alat pemeriksa jantung), AC (*Air Conditioner*), dan lain sebagainya diklasifikasikan sebagai beban nonlinier. Karena banyaknya beban-beban nonlinier yang dioperasikan, maka dapat dipastikan akan memungkinkan terjadinya distorsi harmonisa pada *utility* listriknya. Berdasarkan pengukuran transformator awal yang dilakukan pada bulan Juli tahun 2018 di RSUD Klungkung. Setelah dilakukan analisis THD arus masing-masing fasa diperoleh nilai : untuk fasa R sebesar 16,66%, fasa S sebesar 16,47% dan fasa T sebesar 13,00%. Berdasarkan standar IEEE 519-2014 bahwa  $I_{THD}$  harus dibawah 8% sehingga diketahui bahwa  $I_{THD}$  pada transformator melebihi standar.

Berdasarkan masalah tersebut diatas, maka pada skripsi ini akan dilakukan simulasi pengaruh pengoperasian filter aktif *shunt* terhadap kenaikan efisiensi transformator di RSUD Klungkung dengan menghitung THD arus dan mempergunakan program MATLAB, sehingga dapat diketahui distorsi daya dan perubahan rugi-rugi daya.

## 2. Tinjauan Pustaka

### a. Kualitas daya listrik

Kualitas daya listrik juga bisadisamakan sebagai hubungan dari daya listrik dengan peralatan listrik. Jika peralatan listrik bekerja secara tepat dan handal tanpa mengalami tekanan dan kerugian dapat dikatakan peralatan listrik tersebut mempunyai kualitas daya yang baik sebaliknya ketika perlengkapan listrik gagal fungsi (*malfunction*), kurang handal atau mengalami kerugian pada saat penggunaan normal, dapat dikatakan bahwa peralatan tersebut memiliki kualitas daya yang buruk. Pada dasarnya, tegangan disuplai dalam bentuk sinusoidal yang mempunyai amplitudo dan frekuensi yang sesuai dengan standar (pada umumnya) atau spesifikasi sistem.[3]

### b. Harmonisa pada sistem tenaga listrik

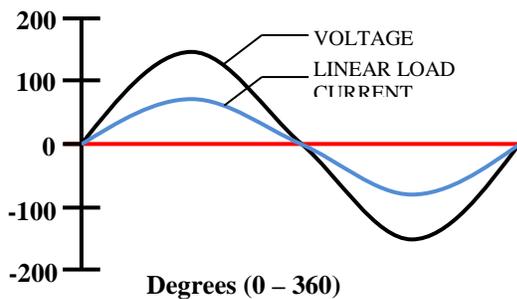
Harmonisa pada suatu sistem kelistrikan merupakan salah satu penyebab yang mempengaruhi kualitas daya listrik. Pengaruh adanya harmonisa sangat dominan karena bersifat permanen dan menyebabkan terbentuknya gelombang rekuensi jtinggi ( kelipatan dari frekuensi fundamental, misal: 100Hz, 150Hz, 200Hz, 300Hz, dan seterusnya). Hal ini dapat mengganggu sistem kelistrikan pada frekuensi fundamentalnya yaitu 50/60 Hz, sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan yang idealnya adalah sinusoidal murni akan menjadi cacat akibat distorsi harmonisa yang terjadi.[3]

### 1. Beban linier

Beban linier adalah beban yang komponen arusnya proporsional terhadap tegangannya. Terdapat hubungan yang linier antara arus dan tegangan sehingga bentuk gelombang arus akan sama dengan bentuk gelombang

tegangannya, seperti terlihat pada Gambar 1 di bawah ini. Beban linier menyerap arus sinusoidal bila disuplai oleh

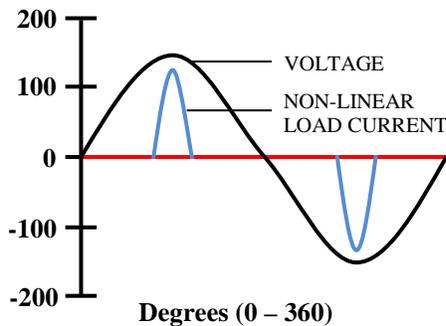
tegangan sinusoidal. Contoh beban linier antara lain motor listrik, pemanas, lampu pijar, dan lainnya [4]



Gambar 1 Bentuk gelombang arus dan tegangan pada beban linier  
Sumber : Dugan

**2. Beban nonlinier**

Beban yang komponen larusnya tidak proporsional terhadap komponen tegangannya, sehingga bentuk gelombang arusnya tidak sama dengan bentuk gelombang tegangannya. Tidak terdapat hubungan yang linier antara arus dan tegangan. Beban nonlinier menyerap arus non sinusoidal demikian juga arus harmonik, walaupun disuplai oleh tegangan sinusoidal. Seperti Gambar 2 di bawah ini .[4]



Gambar 2. Bentuk gelombang arus dan tegangan pada beban nonlinier  
Sumber : Dugan

**3. THD (Total Harmonic Distortion)**

THD adalah ukuran dari nilai efektif bentuk gelombang yang terdistorsi dari komponen harmonisa. THD juga dapat didefinisikan sebagai rasio antara nilai RMS dari komponen harmonisa dan nilai RMS dari fundamental. Harmonik tegangan atau arus diukur dari besarnya masing-masing komponen harmonik terhadap komponen dasarnya dinyatakan dalam persennya. Untuk memperoleh suatu parameter yang dipakai untuk menilai harmonik tersebut dipakai THD [3]. THD dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut, yaitu:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{h_{max}} M_h^2}}{M_1} \tag{1}$$

Dimana  $M_h$  adalah nilai rms komponen THD juga dapat dinyatakan dalam persamaan lain yaitu :

$$THD = \frac{1}{U_1} \left( \sum_{n=2}^k U_n^2 \right)^{\frac{1}{2}} \tag{2}$$

persentase jumlah total tegangan yang terdistorsi oleh harmonisa dan %  $I_{THD}$  adalah persentase jumlah total arus yang terdistorsi oleh harmonisa. Rumus tegangan harmonisa ( $V_h$ ) dapat dijelaskan sebagai rasio dari tegangan sistem nominal ( $V_s$ ) dalam persen:

$$\% V_h = \frac{V_h}{V_s} \times 100 = h \frac{I_h}{I_{sc}} \times 100 \tag{3}$$

$$\% V_h = \frac{(I_h/I_i)}{(I_{sc}/I_i)} \times 100$$

(4)

- dimana:  $V_h$  = Tegangan harmonisa
- $V_s$  =Tegangan sistem
- $I_h$  = Arus harmonisa
- $I_{sc}$  = Arus short circuit
- $I_{sc}/I_i$ = Rasio yang ada pada tabel Limit Distorsi Arus Harmonisa
- $I_i$ = Arus yang mengambil daya beban

Total Harmonic Distortion ( THD ) pada arus didefinisikan:

$$I_{THD} = \frac{\sum_{h=1}^{\infty} \sqrt{I_h^2}}{I_i}$$

(5)

**4. Standar Harmonisa**

Untuk memenuhi kebutuhan standarisasi IEEE telah mengeluarkan IEEE Std. 519- 2014 [5].

Ada dua kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonisa, yaitu batasan untuk harmonisa arus dan tegangan. IEEE telah menetapkan standar pada *Point of Common Coupling (PCC)* seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2 :

Tabel 1 Batas distorsi tegangan

BusVoltage at PCC	Individual Voltage Distortion (%)	Total harmonic distortion THD (%)
V ≤ 1.0 Kv	5.0	8.0
1 kV < V < 69 Kv	3.0	5.0
69 kV < V ≤ 161 kV	1.5	2.5
161 kV < V	1.0	1.5

Tabel 2. Batas Distorsi Arus Harmonik dengan rating tegangan 120 V hingga 69 kV

Maximum harmonic current distortion in percent of I <sub>L</sub>						
Individual harmonic ordee (odd harmonic) <sup>a,b</sup>						
I <sub>sc</sub> /I <sub>L</sub>	3 ≤ h ≤ 11	11 ≤ h ≤ 17	17 ≤ h ≤ 23	23 ≤ h ≤ 35	35 ≤ h ≤ 50	THD
< 20	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

THD arus harmonisa urutan ganjil dibatasi 25% dari harmonisa urutan ganjil di atas. Distorsi arus yang disebabkan oleh arus searah setengah gelombang dc tidak diizinkan atau tidak termasuk pada tabel di atas

**c. Perhitungan Losses pada Transfo Akibat Harmonisa**

Losses suatu transfo secara teknis dapat disebut sebagai *load loss* (P<sub>LL</sub>). Terdapat dua komponen yang dipertimbangkan.

$$Z_s = \frac{kV\phi^2}{MVA 3\phi} \times Z (\%)$$

(6)

*I<sup>2</sup>R loss* adalah rugi tembaga yang proporsional, sedangkan P<sub>EC</sub> dapat dihitung dengan persamaan berikut [3]

$$P_{EC} = K_{EC} \times I^2 \times h^2 \quad (7)$$

dimana : K<sub>EC</sub> = *Proportionality Constant*

Dalam satuan per unit (p.u), P<sub>LL</sub> dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini [3]

$$P_{LL} = \sum I_h^2 + (\sum I_h^2 \times h^2) \times P_{EC-R} (p.u)$$

(8)

dimana :

P<sub>EC-R</sub> = *Eddy Current Loss Factor*

h = Harmonisa (%)

I<sub>h</sub> = Arus Harmonisa (A)

∑ I<sub>h</sub><sup>2</sup> merupakan komponen dari rugi tembaga yang dinyatakan dalam satuan per unit (p.u), sedangkan (∑ I<sub>h</sub><sup>2</sup> × h<sup>2</sup>) × P<sub>EC-R</sub> merupakan faktor rugi arus eddy di bawah kondisi normal yang dinyatakan dalam satuan per unit (p.u). Faktor P<sub>EC</sub> dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3 Typical Values of P<sub>EC-R</sub>

Type	MVA	Voltage	P <sub>EC-R</sub> (%)
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

Sumber : [3]

**d. Perhitungan Efisiensi transformator**

Suatu transformator memiliki tingkat efisiensi yang sangat tinggi hingga mencapai 99,5% atau lebih. *Real power losses* (Rugi-rugi daya nyata) biasanya kurang dari 0,5% dari kVA rating transformator pada saat beban puncak

1) *Efisiensi Transformator*: Tingkat efisiensi suatu transformator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{Efficiency} = \left[ 1 - \frac{\sum \text{Rugi Total}}{\text{Daya Input}} \right] \times 100\%$$

### 3. Metode Penelitian

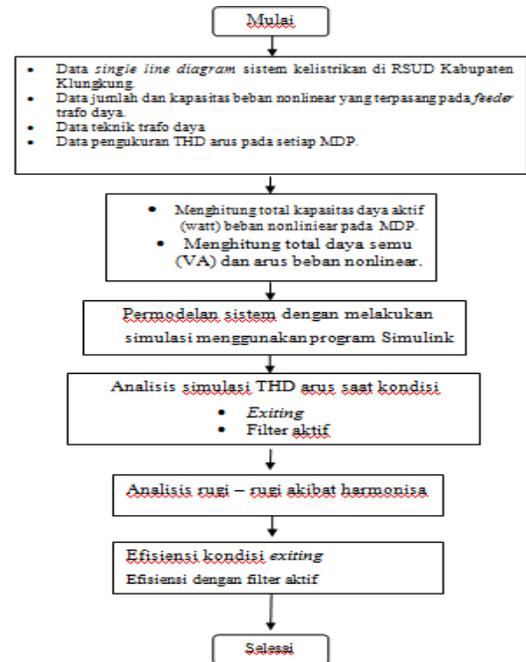
#### 3.1 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan di Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Kabupaten Klungkung yang berlokasi di Jalan Flamboyan no.40.

Data yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis dengan prosedur yaitu pertama membuat pemodelan sistem transformator tiga fasa di RSUD Kabupaten Klungkung pada *simulink MATLAB*, Simulasi dilakukan dengan menggunakan FFT tools. FFT merupakan metode analisis sinyal yang handal dimana dapat digunakan untuk menganalisis *distortion*.

Simulasi yang dilakukan pada *Simulink MATLAB* dengan desain pemodelan yang dirancang merupakan sistem 4 kawat dimana terdiri dari 3 kawat fasa dan 1 kawat netral.

#### 3.2 Alur Analisis



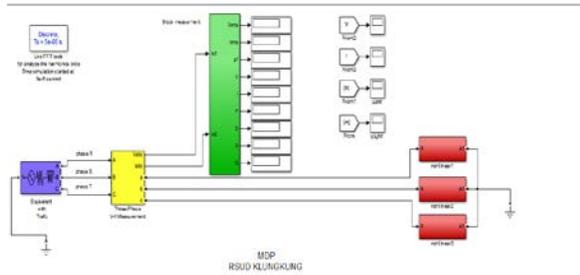
Gambar 3 ( Alur analisis)

Dari gambar 3 alur analisis, pertama mengumpulkan data THD arus pada panel selanjutnya menghitung arus hubung singkat dan menghitung kapasitas daya aktif, menghitung total daya semu. Membuat pemodelan simulasi tanpa filter dan saat menggunakan filter aktif shunt. Membuat analisis simulasi keadaan exiting dan keadaan menggunakan filter aktif shunt. Dilanjutkan menganalisis rugi rugi kondisi exiting dan saat menggunakan filter aktif. Dan terakhir menghitung Efisiensinya.

### 4. Hasil dan Pembahasan

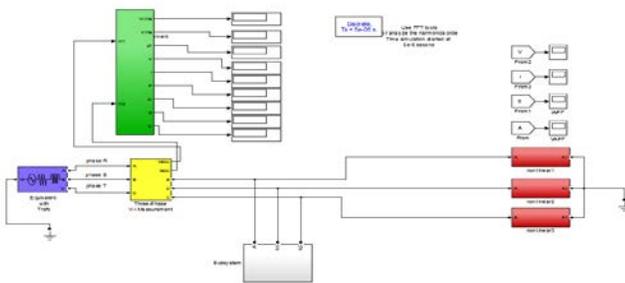
#### a. Pemodelan Sistem

Model dari sistem Gambar 4 ini merupakan model system untuk melakukan simulasi pada MATLAB dimana belum terpasangnya filter aktif shunt pada sistemnya.



Gambar 4. (Pemodelan Sistem tanpa filter)

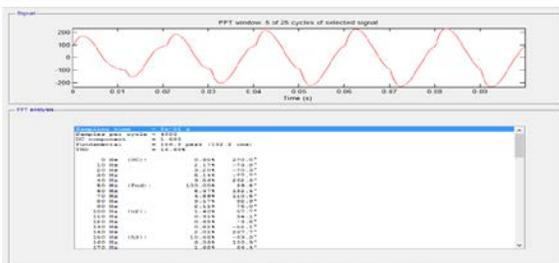
Model simulasi gambar 5 ini merupakan pemodelan system menggunakan filter aktif shunt untuk melakukan simulasi pada MATLAB



Gambar 5.( Pemodelan Sistem menggunakan filter aktif shunt)

**b. Simulasi THD Arus pada kondisi existing**

Pada simulasi ini akan dilakukan simulasi menggunakan model seperti gambar 4. Simulasi dilakukan untuk masing – masing fase MDP RSUD Kabupaten Klungkung, dan akan terlihat  $THD_i$ , bentuk output gelombang arus, orde harmonisa, dan arus.



Gambar 6 (gelombang harmonisa dan orde fase R)

Dengan cara yang sama kita dapat mensimulasikan  $THD_i$  untuk mendapatkan nilai  $THD_i$  masing-masing fase dan

$THD_i$  maksimum menurut IEEE Std 519-2014 seperti diperlihatkan pada tabel 4:

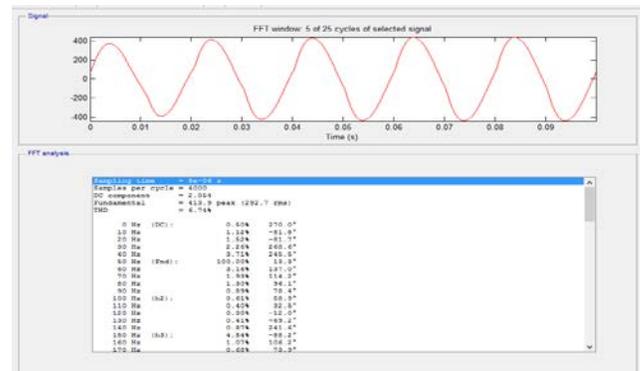
Tabel.4 Prosentase  $THD_i$  perphasa kondisi exiting

MDP	Phasa	$THD_i$ (%)	$THD_{imax}$ (%)	Keterangan
MDP RSUD Klungkung	R	16.66	8	Tdk sesuai standar
	S	16.47	8	Tdk sesuai standar
	T	13.00	8	Tdk sesuai standar

Dari hasil simulasi  $THD_i$  yang dilakukan, didapatkan nilai presentase  $THD_i$  Phasa R, Phasa S dan T tidak memenuhi standar.

**c. Simulasi  $THD_i$  Menggunakan Filter Aktif Shunt**

Pada simulasi ini akan dilakukan simulasi menggunakan model seperti gambar 6. Simulasi dilakukan untuk masing – masing fase MDP RSUD Kabupaten Klungkung, dan akan terlihat  $THD_i$ , bentuk output gelombang arus dan tegangan yang terdistorsi, orde harmonisa, dan arus.



Gambar 7 (gelombang harmonisa dan orde fase R)

Tabel.5 Prosentase  $THD_i$  perphasa kondisi exiting

MDP	Phasa	$THD_i$ (%)	$THD_{imax}$ (%)	Keterangan
MDP RSUD Klungkung	R	6.74	8	Sesuai standar
	S	7.82	8	Sesuai standar
	T	6.51	8	Sesuai standar

Setelah dilakukan simulasi dengan menambahkan filter aktif shunt, didapatkan hasil simulasi  $THD_i$  pada MDP RSUD Klungkung

sudah memenuhi standar IEEE 529-2014 seperti diperlihatkan pada table 5 di atas.

S	0,02246
T	0,02172

Untuk mendapatkan  $P_{LL}$  dalam dikalikan dengan  $P_{base\ 1\phi}$ , seperti Table 7 berikut.

**d. Analisa Losses**

**1. Analisis losses sebelum terpengaruh harmonisa**

Rugi-rugi trafo pada kondisi tanpa besarnya telah ditentukan oleh. Sesuai SPLN 50: 1997 (tentang spesifikasi transformator distribusi), maka dapat ditentukan nilai losses pada trafo 200 kVA seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned} \text{Total losses (dalam kW)} &= P_{cu} + P_i \\ &= 2500 + 480 \\ &= 2980 \text{ W} = 2,98 \text{ kW} \end{aligned}$$

Karena  $\cos \phi$  adalah 0.9, maka rugi-rugi dalam kVA :

$$\text{Lossesnya} = 2,98 \text{ Kw}/0,9 = 3,31 \text{ kVA}$$

**2. Analisa Losses pada kondisi existing.**

Langkah pertama adalah menentukan  $P_{base\ 1\phi}$ , mencari arus harmonisa orde ganjil (orde 1 – orde 19), sehingga Arus harmonisa ( $I_h$ ) dalam pu untuk setiap phasa dapat dihitung dengan persamaan (6) :

$$I_{h1\_phasaR} (p.u) = \frac{I_{h1}}{I_l} = \frac{132,2}{132,2} = 1,000 (p.u)$$

$$I_{h3\_phasaR} (p.u) = \frac{I_{h3}}{I_l} = \frac{14,093}{132,2} = 0,1066 (p.u)$$

Berdasarkan nilai  $I_h$  tiap orde seperti di atas, maka nilai  $I_h^2$  dan  $I_h^2 \times h^2$  setiap phasa dapat ditentukan dalam pu.

Berdasarkan hasil perhitungan harmonisa dari orde-1 sampai orde-19 maka dapat dihitung loadloss ( $P_{LL}$ ) untuk setiap phasanya menggunakan persamaan (8). Nilai  $P_{EC-R}$  untuk transformator dengan tegangan skunder 400 V diketahui sebesar 1%. Sehingga hasil perhitungan  $P_{LL}$  dalam pu untuk masing-masing phasa dapat dilihat pada Table 6.

Tabel 6  $P_{LL}$  dalam satua pu

Phasa	$P_{LL}(p.u)$
R	0,02196

Tabel 7 Loadloss dalam masing–masing phasa

Phasa	Losses (p.u)	$P_{Base\ 1\ Phase}$ (kW)	Losses (kW)
R	0,02196	105,193	2,310
S	0,02246	105,193	2,363
T	0,02172	105,193	2,285
Total Losses			6,958

**3. Analisa Losses dengan Mengoperasikan Filter Aktif**

Dengan cara yang sama seperti pada kondisi existing, maka  $P_{LL}$  untuk kondisi pengoperasian Filter Aktif didapat seperti Table 8 :

Tabel 8 Loadloss dalam masing-masing phasa

Phasa	Losses (p.u)	$P_{Base\ 1\ Phase}$ (kW)	Losses (kW)
R	0,02036	105,193	2,141
S	0,02051	105,193	2,158
T	0,02036	105,193	2,142
Total Losses			6,441

Tabel 9 Perbandingan Losses untuk kedua kondisi

Deskripsi	$P_{LL}$ (kW)
$P_{LL}$ Harmonisa – kondisi existing	6,958
$P_{LL}$ Harmonisa – Filter aktif	6,441

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan diatas tentang simulasi pengaruh pengoperasian filter aktif shunt terhadap kenaikan efisiensi transformator di RSUD Kabupaten Klungkung dapat disimpulkan :

1. Pada kondisi *existing* untuk rugi – rugi mengalami kenaikan *losses* sedangkan pada pemakaian filter aktif mengalami penurunan. Untuk rugi – rugi daya, diperoleh hasil pada fasa R mengalami peningkatan *losses* sebesar 2.310 kW, fasa S 2,363 kW, dan fasa T 2,285 kW, total *losses* dari ketiga fasa yaitu 6,958 kW. Sedangkan untuk rugi – rugi daya menggunakan filter aktif mengalami penurunan untuk fasa R 2,141 kW, fasa S 2,158 kW, fasa T 2,142 kW, total daya dari ketiga fasa yaitu 6,441 kW.
2. Pada kondisi *existing* untuk efisiensi transformator yaitu mencapai 96,18%. Namun setelah dipasangnya filter aktif shunt menyebabkan terjadinya kenaikan efisiensi sebesar 96,46% pada transformator RSUD Klungkung. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi *losses* maka semakin rendah efisiensinya.

## References

- [1] Dugan, R.C., McGranaghan, M.F., Santoso, S., Beaty, H.W. 2004. *Electrical Power System Quality-Second Edition*. The McGraw-Hill.
- [2] Harlow, J.H. 2004. *Electric Power Engineering*. United States of America : CRC Press
- [3] Dugan, R.C., McGranaghan, M.F., Santoso, S., Beaty, H.W. 2004. *Electrical Power System Quality-Second Edition*. The McGraw-Hill.
- [4] Dugan, R.C; Rizy. 2001. ***Harmonic Considerations for Electrical Distribution Feeders***. National Technical Information Service, Report No. ORNL/Sub/81-95011/4 (Cooper Power Systems as Bulletin 87011,
- [5] IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. IEEE Standard 519-2014.
- [6] Izhar. Metal. “*Performance for Passive and Active Power Filter in Reducing Harmonics in the Distribution System*”, *National Power & Energy Conference (PECon) 2004, IEEE Proceedings*, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 104-108, 2004.
- [7] De La Rosa, F. C. 2006. *Harmonics And Power System*. United State of America : Taylor & Francis Group.
- [8] Ferracci, Ph. 2001. ***Power Quality***. Cahier Technique Merlin Gerin no: 199.