

# Analisa *Total Harmonic Distortion* dan *Losses* Setelah Beroperasinya *Distributed Generation* di Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana

Gregorius Reza Dwi Nugroho, I Wayan Rinas, I Wayan Arta Wijaya  
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Email : [rezadwi05@gmail.com](mailto:rezadwi05@gmail.com)

## Abstrak

Di Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana terpasang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan daya 26,4 kWp, Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) dengan daya 5 kWp dan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dengan kapasitas 20 kVA. Ukuran harmonisa pada sistem tenaga listrik disebut dengan *Total Harmonic Distortion* (THD). Hasil penelitian THDi di Gedung DH Teknik Elektro Universitas Udayana sebelum beroperasinya *Distributed Generation* (DG) pada fasa R sebesar 9,91%, fasa S sebesar 10,86%, dan fasa T sebesar 9,85%. Nilai THDi setelah beroperasinya *Distributed Generation* yaitu fasa R sebesar 16,05%, fasa S sebesar 17,53%, dan fasa T sebesar 15,70%. Nilai THDi dengan LC filter yaitu fasa R sebesar 4,0%, fasa S sebesar 5,52% dan fasa T sebesar 3,97%. Nilai THDv sebelum beroperasinya *Distributed Generation* yaitu fasa R sebesar 0,08%, fasa S sebesar 0,48% dan fasa T sebesar 0,47%. Nilai THDv setelah beroperasinya *Distributed Generation* yaitu fasa R sebesar 0,24%, fasa S sebesar 0,44% dan fasa T sebesar 0,49%. Nilai THDv dengan LC filter yaitu fasa R sebesar 0,01%, fasa S sebesar 0,01% dan fasa T sebesar 0,02%. Hasil penelitian *losses* sebelum beroperasinya *Distributed Generation* yaitu 115,53 Watt dan nilai *losses* setelah beroperasinya *Distributed Generation* terjadi kenaikan menjadi 130,07 Watt.

**Kata Kunci** : THD, DG, LC Filter

## Abstract

*In the Electrical Engineering Study Program, Udayana University, a Solar Power Plant was installed with a power of 26.4 kWp, a Wind Power Plant with a power of 5 kWp and a Diesel Power Plant with a capacity of 20 kVA. The size of harmonics in the electric power system is called Total Harmonic Distortion (THD). THDi's research results at DH Electrical Engineering Building of Udayana University before the operation of Distributed Generation (DG) were that R phase was 9.91%, S phase was 10.86%, and T phase was 9.85%. THDi value after the operation of Distributed Generation, R phase was 16.05%, S phase was 17.53%, and T phase was 15.70%. THDi value with LC filter, R phase was 4.0%, S phase was 5.52% and T phase was 3.97%. THDv value before the operation of Distributed Generation, R phase was 0.08%, S phase was 0.48% and T phase was 0.47%. THDv value after the operation of Distributed Generation, R phase was 0.24%, S phase was 0.44% and T phase was 0.49%. THDv value with LC filter, R phase was 0.01%, S phase was 0.01% and T phase was 0.02%. The results of the research showed that losses before the operation of Distributed Generation were 115.53 Watts and the value of losses after the operation of Distributed Generation had increased to 130.07 Watts.*

**Keywords**: THD, DG, LC Filter

## 1. PENDAHULUAN

Suplai listrik di Fakultas Teknik Universitas Udayana Bukit Jimbaran yaitu trafo utama yang didistribusikan dari Gardu Induk Nusa Dua. Terdapat 1 buah *Main Distribution Panel* (MDP) yang melayani

gedung dekanat, gedung teknik arsitektur, gedung teknologi informasi, gedung teknik mesin dan gedung teknik elektro. Di program studi Teknik Elektro Universitas Udayana terpasang PLTS, PLTB dan

PLTD, dengan daya terpasang dari PLTS sebesar 26,4 kWp, PLTB sebesar 5 kWp dan sebuah PLTD yang memiliki kapasitas 20 kVA. Media penyimpanan energi listrik yaitu baterai dengan kapasitas 192 kVAh [1]. *Distributed Generation* (DG) hanya melayani gedung DH Teknik Elektro. Total beban di gedung DH Teknik Elektro dari hasil pengukuran tanggal 26 Juli 2018 pukul 10.30 Wita sebesar 13,131 kW. PLTS membangkitkan energi listrik searah (DC), maka dipasanglah peralatan elektronika daya yaitu *inverter* yang bertujuan untuk merubah energi listrik searah (DC) menjadi energi listrik bolak balik (AC). PLTB membangkitkan energi listrik AC dan dikonversikan ke DC menggunakan *rectifier* untuk mengisi daya baterai. Energi listrik DC dari baterai dikonversikan ke AC oleh *inverter* untuk melayani beban yang terpasang. Peralatan elektronika daya seperti *inverter* dan *rectifier* merupakan penyebab timbulnya distorsi harmonisa.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka dilakukan penelitian Analisa *Total Harmonic Distortion* dan *Losses* setelah Beroperasinya *Distributed Generation* di Gedung DH Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana. Pada penelitian ini akan membandingkan distorsi harmonisa sebelum beroperasinya DG, setelah beroperasinya DG dan setelah dipasang LC filter dengan menggunakan perangkat lunak *Matlab Simulink* serta membandingkan nilai *losses* sebelum dan setelah beroperasinya DG.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Harmonisa merupakan suatu fenomena yang muncul akibat pengoperasian peralatan listrik non linier yaitu peralatan yang arusnya tidak sebanding dengan tegangan yang diberikan. Pengaruh adanya harmonisa menyebabkan terbentuknya gelombang frekuensi tinggi atau kelipatan dari frekuensi fundamental [2]. Penggunaan inverter dan peralatan elektronika daya lainnya pada sistem kelistrikan membuat meningkatnya nilai THD dan meningkatnya nilai orde harmonisa sehingga berpengaruh pada nilai *losses* pada sistem kelistrikan yang semakin meningkat.

### A. *Distributed Generation* (DG).

*Distributed Generation* adalah sistem pembangkitan listrik dari banyak sumber – sumber energi kecil. Kelebihan sistem ini

adalah dapat beroperasi secara independen, tidak memerlukan wilayah pengoperasian yang besar, jaringan transmisi pendek dan dapat menggunakan sumber energi pembangkitan yang bersesuaian dengan kawasan yang akan dilistriki [2].

#### a. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB).

Pembangkit listrik tenaga bayu atau *wind power* adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan angin sebagai sumber energi untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit ini dapat mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Energi listrik yang dihasilkan oleh PLTB disimpan pada baterai sebelum energi listrik disuplai ke beban.

#### b. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

PLTS adalah pembangkit tenaga listrik yang menggunakan *photovoltaic cell* untuk menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh *photovoltaic* disimpan pada baterai, lalu *inverter* akan merubah tegangan DC menjadi tegangan AC agar energi listrik dapat digunakan oleh konsumen [3].

### B. Standar Harmonisa

Standar harmonisa pada sistem tenaga listrik menggunakan standar IEEE 519 tahun 2014. Standar IEEE 519 tahun 2014 terdapat batasan – batasan distorsi harmonisa yang diperbolehkan pada utiliti yaitu [4]:

#### a. Standar THD Tegangan

Berdasarkan standar IEEE 519-2014, nilai batas maksimum THD tegangan yang terkandung pada sistem tenaga listrik yang direkomendasikan terhadap sistem seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 [4].

**Tabel 1** Standar THD Tegangan [4]

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

b. Standar THD Arus

Berdasarkan standar IEEE 519-2014, standar THD arus dapat dilihat pada Tabel 2 [4].

Tabel 2 Standar THD Arus [4]

Maximum Harmonic Current Distortion in Percent of $I_L$						
Individual Harmonic Order (odd harmonic) <sup>a,b</sup>						
$I_{sc}/I_L$	$3 \leq h \leq 11$	$11 \leq h \leq 17$	$17 \leq h \leq 23$	$23 \leq h \leq 35$	$35 \leq h \leq 50$	THD (%)
$< 20^c$	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

Batas THDi pada suatu sistem kelistrikan dapat dilakukan dengan menggunakan Short Circuit Ratio ( $SC_{ratio}$ ) seperti pada persamaan 1 [2].

$$SC_{Ratio} = \frac{I_{sc}}{I_L} \dots\dots\dots(1)$$

$I_{sc}$  adalah nilai arus hubung singkat tiga fasa. Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2 [2].

$$I_{sc} = \frac{S \times 100}{Z(\%) \times \sqrt{3} \times V} \dots\dots\dots(2)$$

$I_L$  adalah nilai arus beban penuh tiga fasa. Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3 [2].

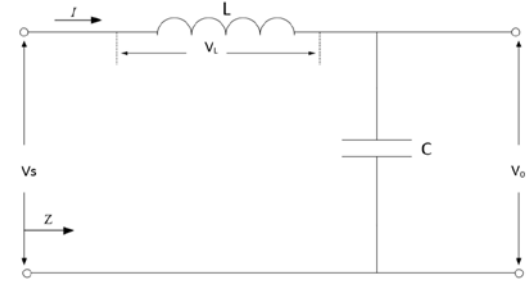
$$I_L = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- S adalah daya transformator (kVA)
- V adalah tegangan sisi sekunder transformator (kV)
- Z(%) adalah persentase impedansi

C. Filter Pasif

Filter pasif LC terdiri dari hubungan paralel komponen – komponen pasif yaitu induktor dan kapasitor [5].



Gambar 1 Rangkaian LC Filter [5]

Langkah – langkah dalam merancang LC filter sebagai berikut [5]:

a. Menghitung Nilai Kapasitor (C)

Tentukan kapasitas dari kapasitor [5].

$$C = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times X_C} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

- C = Kapasitansi kapasitor (Farad)
- f = Frekuensi Fundamental
- $X_C$  = Reaktansi kapasitif ( $\Omega$ )

b. Menghitung Nilai Induktor (L)

Tentukan nilai impedansi (Z) induktor dengan persamaan 5 [5]:

$$Z = \frac{V_{rms}}{I} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- Z = Impedansi ( $\Omega$ )
- $V_{rms}$  = Tegangan RMS (Volt)
- I = Arus (Ampere)

Tentukan nilai induktansi (L) dengan persamaan 6 [5]:

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 + R^2}}{2 \times \pi \times f} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

- L = Induktansi (H)
- R = Tahanan Induktor ( $\Omega$ )
- Q = Daya Reaktif (VAR)

D. Rugi – Rugi Daya (Losses)

Losses pada penghantar tidak dapat dihilangkan karena setiap penghantar mempunyai nilai tahanan jenis yang menyebabkan adanya daya yang terserap penghantar [6]. Nilai losses pada penghantar dapat dihitung dengan persamaan 7 dan persamaan 8 [6]:

$$P_{rugi-rugi} = (I_1)^2 \times R \dots\dots(7)$$

$$P_{rugi-rugi}(harmonisa) = (I_{rms})^2 \times R \dots\dots(8)$$

Keterangan :

$I_1$  = Arus Fundamental  
 $I_h$  = Arus Orde Harmonisa  
 $R$  = Resistansi Kabel ( $\Omega$ )

Nilai  $I_{rms}$  dapat dihitung dengan persamaan 9 [7].

$$I_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :  
 $I_h$  = Arus Orde Harmonisa

Nilai  $R$  dapat dihitung dengan persamaan 10 [6].

$$R = \rho \times \frac{L}{a} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :  
 $R$  = Resistansi Kabel ( $\Omega$ )  
 $\rho$  = Tahanan Jenis Tembaga ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )  
 $a$  = Luas Penampang Penghantar ( $\text{mm}^2$ )  
 $L$  = Panjang Penghantar (m)

**3. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan di Gedung DH Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana. Penelitian dilakukan dengan menentukan nilai standar THD arus dan THD tegangan di Gedung DH Teknik Elektro Universitas Udayana berdasarkan standar IEEE 519 tahun 2014. Menentukan parameter dari sistem kelistrikan di Gedung DH Teknik Elektro Universitas Udayana pada *Matlab Simulink* kemudian mensimulasikan sistem kelistrikan sebelum beroperasinya *distributed generation* (DG) dan setelah beroperasinya *distributed generation* (DG) serta setelah dipasang LC filter menggunakan *Matlab Simulink*. Hasil simulasi THD dibandingkan dengan nilai standar IEEE 519-2014. Penelitian *losses* membandingkan nilai *losses* sebelum beroperasinya *distributed generation* (DG) dan dan setelah beroperasinya *distributed generation* (DG)

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Hasil Pengukuran Beban di Gedung DH Teknik Elektro Universitas Udayana

Hasil pengukuran beban di Gedung DH Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana dapat dilihat pada Tabel 3.

B. Batas Maksimum THDi dan THDv

Menurut IEEE Standard 519-2014, untuk menentukan standar batas maksimum THDi pada utiliti, maka harus diketahui terlebih dahulu rasio hubung singkat (*short-circuit ratio*). Nilai rasio hubung singkat dicari menggunakan persamaan 1 dan diperoleh hasil 24,99 sehingga batas maksimum THDi di Gedung DH Teknik Elektro Universitas Udayana yaitu 8%.

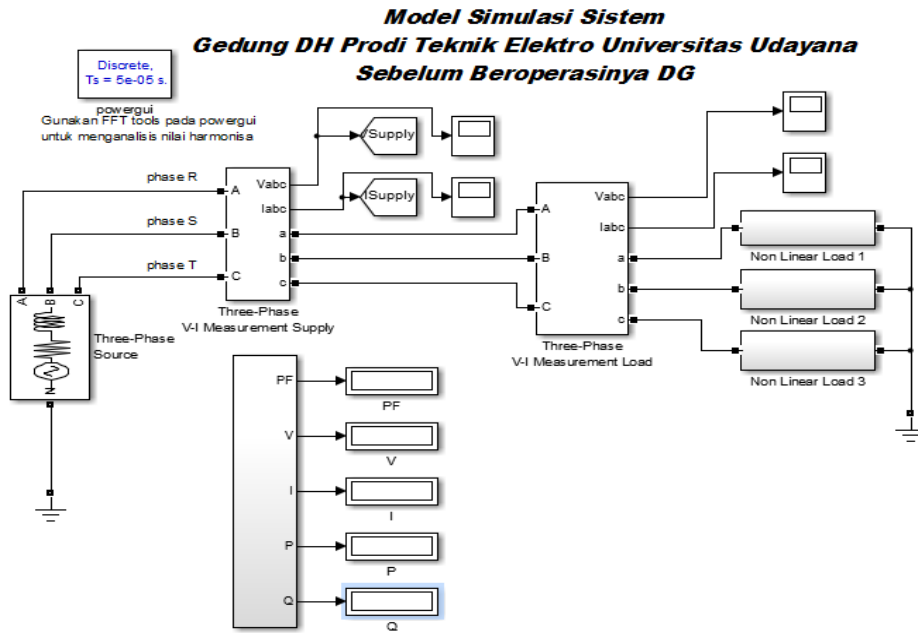
Untuk menentukan nilai standar THDv menurut IEEE 519-2014 dapat diketahui berdasarkan tegangan pada sisi sekunder transformator yaitu sebesar 400V, sehingga termasuk dalam kategori tegangan di bawah 1 kV. Pada standar IEEE 519-2014 (lihat tabel 1) dengan rentang tegangan di bawah 1 kV maka batas maksimum THDv yang diperbolehkan yaitu sebesar 5%.

**Tabel 3** Hasil Pengukuran Beban di Gedung DH Teknik Elektro

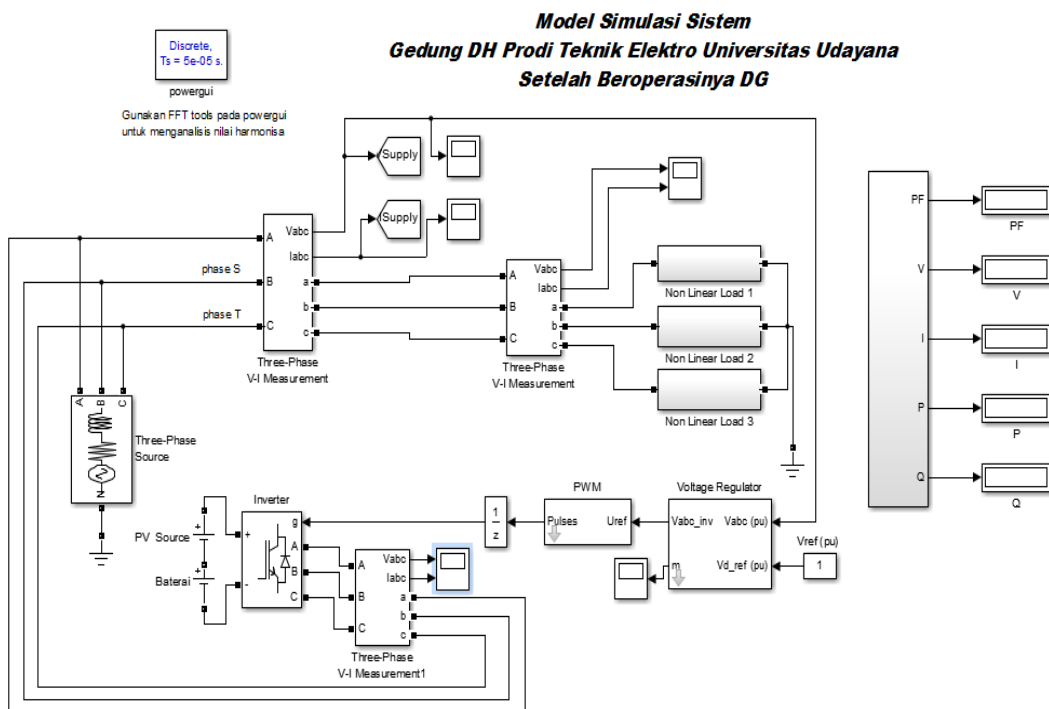
Parameter	R	S	T	Total
Sebelum Beroperasi DG	7,13 kW	5,71 kW	4,999 kW	17,81 kW
Setelah Beroperasi DG	2,861 kW	5,96 kW	4,31 kW	13,131 kW

C. Pemodelan Sistem Kelistrikan pada *Matlab Simulink*

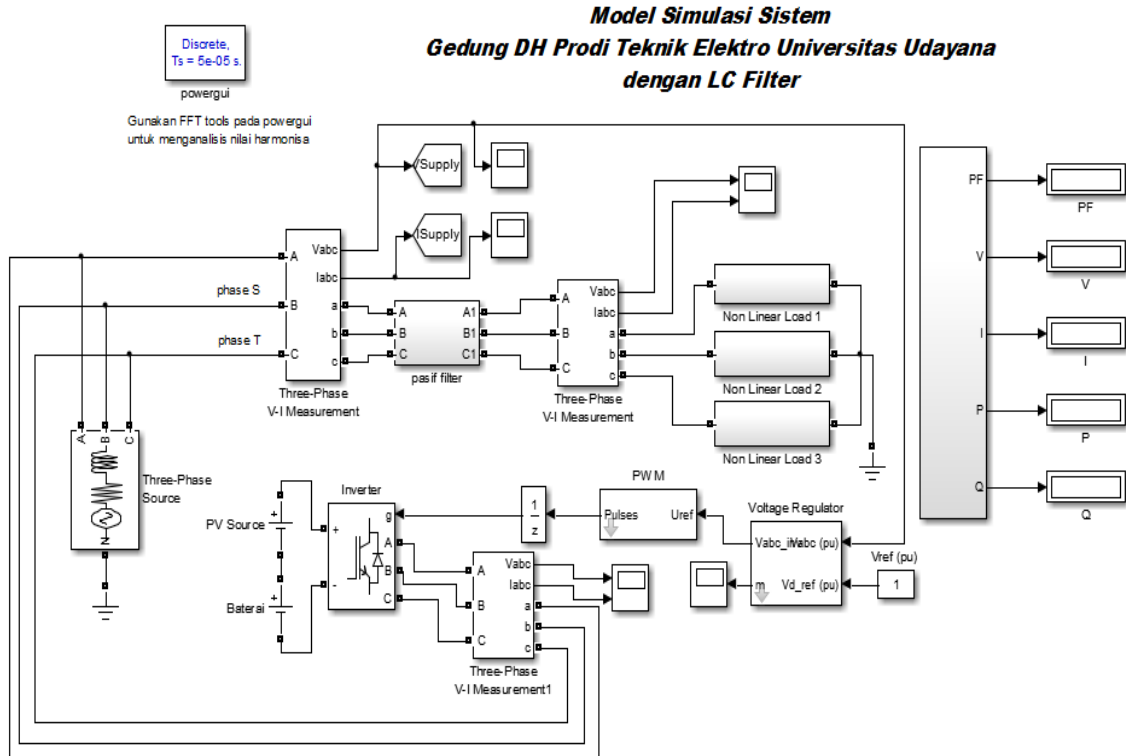
Gambar 2 merupakan pemodelan sistem kelistrikan sebelum beroperasinya *Distributed Generation* di Gedung DH Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana. Pemodelan sistem kelistrikan menggunakan *software MATLAB Simulink*.



**Gambar 2** Pemodelan Sistem Kelistrikan di Gedung DH Teknik Elektro Sebelum Beroperasinya DG  
**Gambar 3** merupakan pemodelan sistem kelistrikan setelah beroperasinya *Distributed Generation* di Gedung DH Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana. **Gambar 4** merupakan pemodelan sistem kelistrikan di Gedung DH Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana dengan LC Filter. Pemodelan sistem kelistrikan menggunakan *software MATLAB Simulink*.



**Gambar 3** Pemodelan Sistem Kelistrikan di Gedung DH Teknik Elektro Setelah Beroperasinya DG



**Gambar 4** Pemodelan Sistem Kelistrikan di Gedung DH Teknik Elektro dengan LC Filter

**D. Hasil Simulasi THDi dan THDv**

Simulasi dapat dilakukan setelah *block parameter* diinputkan nilai dari hasil perhitungan. Hasil THD berbentuk gelombang dan grafik dengan menggunakan bantuan dari *Fast Fourier Transform (FFT) Analysis Tools*. Tabel 4 merupakan nilai THDi dan THDv masing – masing fasa sebelum beroperasi DG.

**Tabel 4** THD di Gedung DH Teknik Elektro Sebelum Beroperasinya DG

Fasa	THDi (%)	THDv (%)
R	9,91 %	0,08 %
S	10,86 %	0,48 %
T	9,85 %	0,47 %

Tabel 5 merupakan nilai THDi dan THDv masing – masing fasa setelah beroperasi DG:

**Tabel 5** THD di Gedung DH Teknik Elektro Setelah Beroperasinya DG

Fasa	THDi (%)	THDv (%)
R	16,05 %	0,24 %
S	17,53 %	0,44 %
T	15,70 %	0,49 %

Tabel 6 merupakan nilai THDi dan THDv masing – masing fasa dengan LC filter:

**Tabel 6** THD di Gedung DH Teknik Elektro Dengan LC Filter

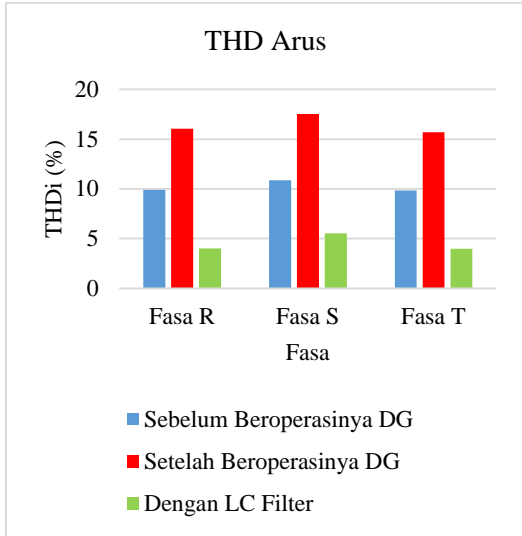
Fasa	THDi (%)	THDv (%)
R	4,00 %	0,01 %
S	5,52 %	0,01 %
T	3,97 %	0,02 %

**E. Analisis THD Berdasarkan IEEE 519-2014**

Berikut adalah analisis THDi berdasarkan IEEE 519-2014.

**Tabel 7** Analisis THDi Berdasarkan Standar IEEE 519-2014

	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Standar IEEE 519-2014	Keterangan
Sebelum Beroperasinya DG	9,91 %	10,86 %	9,85 %	8%	Tidak Sesuai Standar
Setelah Beroperasinya DG	16,05 %	17,53 %	15,70 %	8%	Tidak Sesuai Standar
Dengan LC Filter	4,00 %	5,52 %	3,97 %	8%	Sesuai Standar

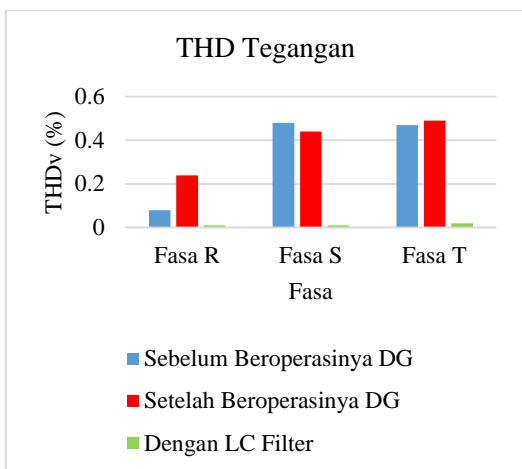


**Gambar 5** Grafik Perbandingan THDi Berdasarkan IEEE 519-2014

Berikut adalah analisis THDv berdasarkan IEEE 519-2014.

**Tabel 8** Analisis THDv Berdasarkan Standar IEEE 519-2014

	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Standar IEEE 519-2014	Keterangan
Sebelum Beroperasinya DG	0,08 %	0,48 %	0,47 %	5%	Sesuai Standar
Setelah Beroperasinya DG	0,24 %	0,44 %	0,49 %	5%	Sesuai Standar
Dengan LC Filter	0,01 %	0,01 %	0,02 %	5%	Sesuai Standar



**Gambar 6** Grafik Perbandingan THDv Berdasarkan IEEE 519-2014

F. Analisis Losses di Gedung DH Teknik Elektro Universitas Udayana

Berikut adalah rata - rata panjang penghantar dan luas penampang penghantar tiap fasa di Gedung DH Teknik Elektro.

**Tabel 9** Panjang Penghantar dan Luas Penampang Tiap Fasa di Gedung DH

Fasa	Panjang (meter)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )
R	10,58	2,5
S	9,93	2,5
T	12,2	2,5

Untuk menghitung rugi – rugi penghantar dapat dilakukan dengan mencari nilai resistansi (R) penghantar menggunakan persamaan 10. Tabel 10 merupakan hasil perhitungan resistansi penghantar tiap fasa.

**Tabel 10** Nilai Resistansi Penghantar Tiap Fasa di Gedung DH

Fasa	Panjang (meter)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Resistansi (Ω)
R	10,58	2,5	0,074
S	9,93	2,5	0,07
T	12,2	2,5	0,085

Berikut adalah nilai arus fundamental ( $I_1$ ) yang didapatkan dari hasil simulasi menggunakan *Matlab Simulink* dan nilai  $I_{rms}$  yang didapatkan dari perhitungan menggunakan persamaan 9. Tabel 11 merupakan tabel nilai  $I_1$  dan  $I_{rms}$  sebelum beroperasinya DG.

**Tabel 11** Nilai  $I_1$  dan  $I_{rms}$  Sebelum Beroperasinya DG

Sebelum Beroperasinya DG	$I_1$	$I_{rms}$
Fasa R	15,65 A	15,73 A
Fasa S	16,65 A	16,75 A
Fasa T	15,3 A	15,4 A

Tabel 12 merupakan tabel nilai  $I_1$  dan  $I_{rms}$  setelah beroperasinya DG.

**Tabel 12** Nilai  $I_1$  dan  $I_{rms}$  Setelah Beroperasinya DG

Setelah Beroperasinya DG	$I_1$	$I_{rms}$
Fasa R	16,52 A	16,61 A
Fasa S	17,81 A	17,94 A

Fasa T	16,18 A	16,26 A
--------	---------	---------

Untuk mencari nilai *losses* fundamental dapat dicari menggunakan persamaan 7 dan Untuk mencari nilai *losses* akibat pengaruh harmonisa dapat dicari menggunakan persamaan 8.

**Tabel 13** Nilai *Losses* Sebelum Beroperasinya DG

Sebelum Beroperasinya DG	<i>Losses</i>		Total
	Fundamental	(Harmonisa)	
Fasa R	18,12 Watt	18,31 Watt	36,43 Watt
Fasa S	19,41 Watt	19,64 Watt	39,04 Watt
Fasa T	19,90 Watt	20,16 Watt	40,06 Watt

Berikut adalah nilai perhitungan *losses* di Gedung DH Teknik Elektro setelah beroperasinya DG.

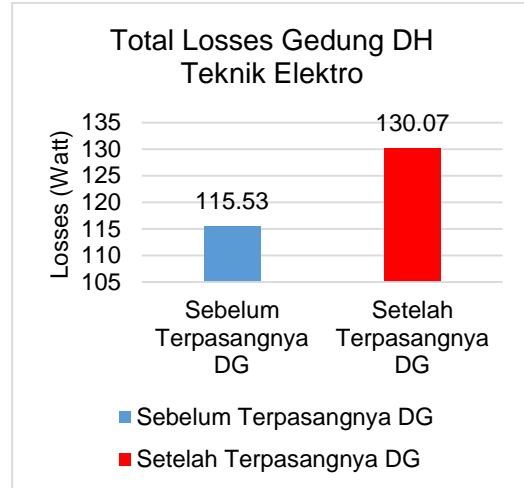
**Tabel 14** Nilai *Losses* Setelah Beroperasinya DG

Setelah Beroperasinya DG	<i>Losses</i>		Total
	Fundamental	(Harmonisa)	
Fasa R	20,2 Watt	20,42 Watt	40,62 Watt
Fasa S	22,2 Watt	22,53 Watt	44,73 Watt
Fasa T	22,25 Watt	22,47 Watt	44,72 Watt

Berikut adalah nilai total *losses* di Gedung DH Teknik Elektro sebelum beroperasinya DG dan setelah beroperasinya DG.

**Tabel 15** Total *Losses* Sebelum dan Setelah Beroperasinya DG

Fasa	<i>Losses</i> Sebelum Beroperasi DG	<i>Losses</i> Setelah Beroperasi DG
R	36,43 Watt	40,62 Watt
S	39,04 Watt	44,73 Watt
T	40,06 Watt	44,72 Watt
<b>Total</b>	<b>115,53 Watt</b>	<b>130,07 Watt</b>



**Gambar 7** Grafik Perbandingan Total *Losses*

### 5. KESIMPULAN

Hasil analisa THDi di gedung DH Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana sebelum beroperasinya DG pada fasa R sebesar 9,91%, fasa S sebesar 10,86%, dan fasa T sebesar 9,85%, sedangkan nilai THDi setelah beroperasinya DG yaitu pada fasa R sebesar 16,05%, fasa S sebesar 17,53%, dan fasa T sebesar 15,70%. Dengan LC filter, nilai THDi pada fasa R sebesar 4,00%, fasa S sebesar 5,52%, dan fasa T sebesar 3,97%. Untuk nilai THDv sebelum beroperasinya DG yaitu pada fasa R sebesar 0,08%, fasa S sebesar 0,48%, dan fasa T sebesar 0,47%, sedangkan nilai THDv setelah beroperasinya DG yaitu pada fasa R sebesar 0,24%, fasa S sebesar 0,44%, dan fasa T sebesar 0,49%. Dengan LC filter, nilai THDv pada fasa R sebesar 0,01%, fasa S sebesar 0,01%, dan fasa T sebesar 0,02%. Hasil analisa *losses* di gedung DH Teknik Elektro Universitas Udayana diketahui bahwa nilai total *losses* sebelum beroperasinya DG yaitu 115,53 Watt dan nilai total *losses* setelah beroperasinya DG terjadi kenaikan menjadi 130,07 Watt.

### 6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Yuniari M, Giriantari IAD, Sukerayasa IW, Analisis Model *Supply* Pada Jaringan Sistem Kelistrikan di Fakultas Teknik Universitas Udayana Bukit Jimbaran, *Teknologi Elektro*. 2016; 16(3): 8-12.

[2] Dugan RC, McGranaghan MF, Santoso S, Beaty HW. *Electrical*



- Power System Quality-Second Edition*. The McGraw-Hill. 2004
- [3] Gunawan IGA, Rinas IW, Wijaya, IWA, Analisa Distorsi Harmonisa Pada Penyulang Abang Karangasem Setelah Beroperasinya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), *E-Journal Spektrum*. 2015; 2(3): 130-135.
- [4] IEEE Standards Association. 519-2014. *IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power System*. New York; IEEE Press;2014.
- [5] Lubis AR, Efektivitas Penggunaan Filter Pasif LC dalam Mengurangi Harmonik Arus, *Journal of Electrical Technology*. 2017; 2(3): 1-8.
- [6] Dermawan E, Firdaus MA, Ramadhan AI, Analisis Pengaruh Harmonisa Terhadap Kabel 'NYA', *Jurnal Teknologi UMJ*. 2016; 8(2): 97-102.
- [7] De La Rosa FC. *Harmonics And Power System*. United State of America. Taylor & Francis Group. 2006.