

# PERGARUH PENGOPERASIAN FILTER AKTIF BERBASIS KONTROL *PID* TERHADAP KAPASITAS KERJA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI GEDUNG *STUDENT CENTER* UNIVERSITAS UDAYANA

Satriyo Agung Pribadi<sup>1</sup>, I M. Suartika<sup>2</sup>, I G N. Janardana<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro,,

Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali

Email: [satriyoagungpribadi@gmail.com](mailto:satriyoagungpribadi@gmail.com)<sup>1</sup>, [madesuartika@unud.ac.id](mailto:madesuartika@unud.ac.id)<sup>2</sup>,  
[janardana@unud.ac.id](mailto:janardana@unud.ac.id)<sup>3</sup>

## Abstrak

Transformator merupakan salah satu peralatan penyalur energi listrik dari tegangan menengah 20 kV ke tegangan rendah 380/220 V. Gangguan pada transformator dapat menyebabkan rugi-rugi sehingga dapat mengganggu aliran tenaga listrik ke konsumen. Harmonisa ialah gangguan yang di akibat dari pengoperasian beban non linier. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh THDi terhadap rugi-rugi daya dan kapasitas kerja transformator Gedung *Student Center* Universitas Udayana dengan harmonisa pada fasa R sebesar 15,4%, fasa S sebesar 11,4%, fasa T sebesar 17,8%. Dengan metode yang digunakan adalah melakukan simulasi dan analisis dengan hasil pengukuran harmonisa pada kondisi *existing*, menggunakan filter aktif, dan filter aktif berbasis *PID* menggunakan aplikasi *Matlab*. Hasil yang sangat optimal didapatkan dengan menggunakan filter aktif berbasis *PID* dengan hasil R = 0,31%, S = 0,30%, T = 0,35%, dan penurunan kapasitas kerja transformator turun menjadi 1%.

**Kata Kunci** : Harmonisa, Kapasitas Kerja, Rugi-rugi, *PID*

## Abstract

*The transformer is one of the equipmen for distributing electrical energy from medium voltage 20 kV to low voltage 380/220 V. Disturbance in the transformer can cause Losses so that it can disrupt the flow of electric power to consumers. Harmonics are disturbances caused by the operation of non-linear loads. This study aims to determine the effect of THDi on power Losses and working capacity of transformers at Udayana University Student Center Building with harmonics in the R phase of 10.91%, the S phase of 11.38%, and the T phase of 17.91%. The method used is to perform simulations and analysis with the results of harmonic measurements in Existing conditions, using an active filter, and an active PID-based filter using the Matlab application. Very optimal results were obtained using a PID-based active filter with the results of R = 0.31%, S = 0.30%, T = 0.35%, and the decrease in the working capacity of the transformer decreased to 1%, according to the ideal value.*

**Keywords** : Harmonics, Derating, Losses, *PID*

## 1. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah salah satu energi primer yang tidak dapat dilepaskan penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari, seiring dengan meningkatnya jumlah penggunaan peralatan listrik maka penyedia energi listrik harus memperhatikan peralatan-peralatan penyaluran energi listrik. Salah satu peralatan penyalur energi listrik ialah transformator distribusi yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari tegangan menengah 20 kV ke rendah 380/220 V.

Harmonisa merupakan salah satu gangguan pada transformator yang disebabkan oleh pengoperasian beban non linier, yang mengakibatkan rugi-rugi, efisiensi, dan juga kapasitas kerja pada transformator yang dapat merusak transformator itu sendiri [1].

Gedung Student Center Universitas Udayana merupakan salah satu tempat yang dimana banyaknya penggunaan beban non linier, mengakibatkan terjadinya distorsi harmonisa.

Berdasarkan permasalahan pada latar belakang tersebut, maka dilakukannya penelitian ini dengan simulasi pengoperasian filter aktif dengan menggunakan pengontrolan *PID* dengan Simulink *Matlab* untuk mengetahui pengaruh THDi terhadap rugi-rugi, dan kapasitas kerja Transformator di Gedung Student Center Universitas Udayana.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Kualitas Daya

Kualitas daya listrik ialah gambaran dari baik atau buruknya pendistribusian daya listrik.

Kualitas daya listrik berhubungan dengan tidak seimbangnya beban,

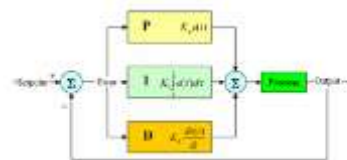
perubahan pada tegangan, distorsi gelombang, perubahan frekuensi tegangan, dan deviasi faktor daya [2]. Penurunan kualitas daya listrik ini disebabkan oleh munculnya Harmonisa.

### 2.2 Filter Aktif

Filter aktif berfungsi memperbaiki gelombang sinus yang terdistorsi untuk menjaga kualitas daya listrik. Dimana rangkaian filter aktif ini terletak pada inductor AC output dan kapasitor DC dengan tegangan yang konstan.

### 2.3 *PID* (Proportional Integral Derivative)

*PID* merupakan kontrol dengan 3 pembagian sistem kontrol yaitu, Proportional mempunyai fungsi kelebihan pada risetime yang cepat, Integral unggul dalam memperkecil *error*, dan *derivative* dapat meredam *overshot/undershot* [3]. Dimana ketiga kelebihan menutupi dari kekurangan 3 kontrol diatas saat digabungkan menjadi 1.



Gambar 1: *PID* (Proportional Integral Derivative)

### 2.3 Perhitungan *Losses* Pada Transformator

Perhitungan *Losses* ( $P_{LL}$ ) dapat di tentukan menggunakan rumus berikut :

$$P_{LL} = \sum I_h^2 + (\sum I_h^2 x h^2) \cdot P_{EC-R} (p.u) \dots\dots(1)$$

Perhitungan Load Loss dalam kW di dapat dengan perhitungan berikut :

$$P_{LL}(kW) = P_{LL}(p.u) \times P_{base\ 1\phi} \dots\dots(2)$$

Pada rumus diatas  $P_{LL}$  adalah faktor eddy current loss,  $I_h$  merupakan arus harmonisa, dan  $h$  ialah harmonisa itu sendiri [4].

#### 2.4 Derating Transformator

*Derating* biasa disebut juga penurunan kapasitas kerja transformator terjadi akibat adanya gelombang harmonisa yang ada dalam transformator yang menyebabkannya terjadinya pemanasan pada perangkat yang terdapat di dalamnya. Sehingga akan menyebabkan rugi-rugi dan menurunnya efisiensi pada transformator, akibatnya terjadi penurunan kapasitas kerja transformator (*derating*) [5]. Perhitungan *Transformer Harmonic Derating Factor* (THDF) dapat di cari dengan rumus [6] :

$$KVA \text{ baru} = THDF \times KVA \text{ pengenal} \dots(3)$$

$$THDF = \frac{1,414 \times (\text{arus phase rms})}{(\text{arus puncak phase sesaat})} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

### 3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini ialah data dari hasil pengukuran langsung yang dianalisis menggunakan simulasi software *Matlab* dengan berbagai kondisi baik kondisi *Existing*, dengan filter aktif, dan juga filter aktif berbasis *PID*.

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2020 dan bertempat di Gedung *Student Center* Universitas Udayana.

#### 3.2 Sumber Data Penelitian

Data atau sumber data dalam penelitian ini menggunakan hasil pengukuran langsung pada transformator

Gedung *Student Center* Universitas Udayana, obyek yang di teliti berupa data tegangan, arus, daya aktif, daya nyata, faktor daya, dan THD arus, dan standar IEEE 519-2014 *Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power System*.

#### 3.3 Analisis Data

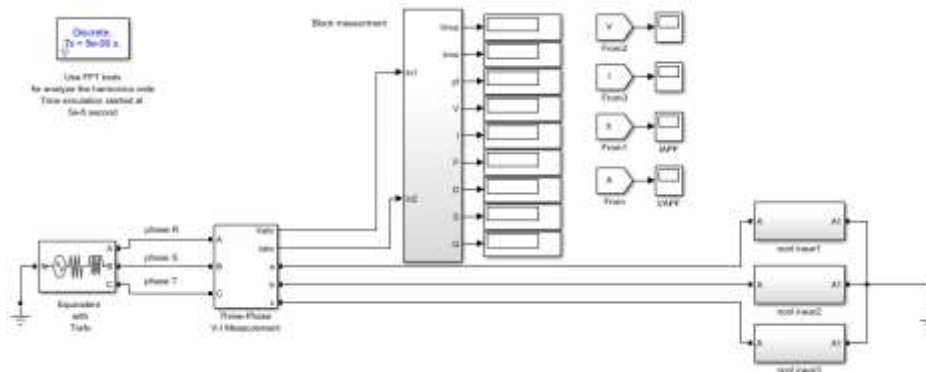
Alur analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat data single line diagram.
2. Pengukuran pada tiap-tiap phasa dalam beban penuh untuk mendapatkan nilai THD arus, tegangan, daya aktif, dan daya semu.
3. Perhitungan nilai Short Circuit pada sistem juga penentuan standar THDi, dan tegangan.
4. Menghitung parameter (R, L, C) beban yang akan di input pada tiap-tiap blok simulasi.
5. Membuat pemodelan sistem kelistrikan dengan simulink *Matlab* pada setiap kondisi.
6. Melakukan simulasi pada tiap kondisi.
7. Menganalisa perbandingan hasil simulasi nilai THD pada setiap kondisi.
8. Perhitungan rugi-rugi daya akibat ada arus harmonisa.
9. Perhitungan Penurunan Kapasitas Kerja Transformator (*Derating*).

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

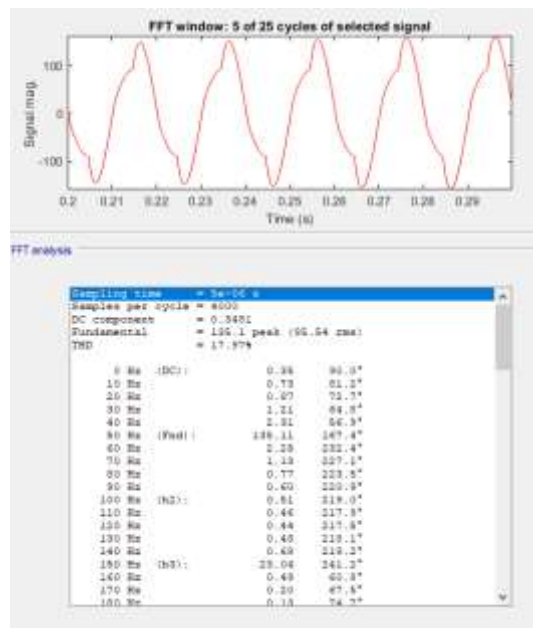
### 4.1 Simulasi THDi Pada Kondisi *Exsisting*

Simulasi THDi pada kondisi *Exsisting* dilakukan dengan menggunakan software *Matlab*. System simulasi pada MDP Gedung *Student Center* Univeristas Udayana dapat dilihat pada gambar.



Gambar 2. Simulasi Pada Kondisi *Exsisting*

Dari gambar diatas maka didapatkan THDi pada kondisi *Exsisting* berikut.

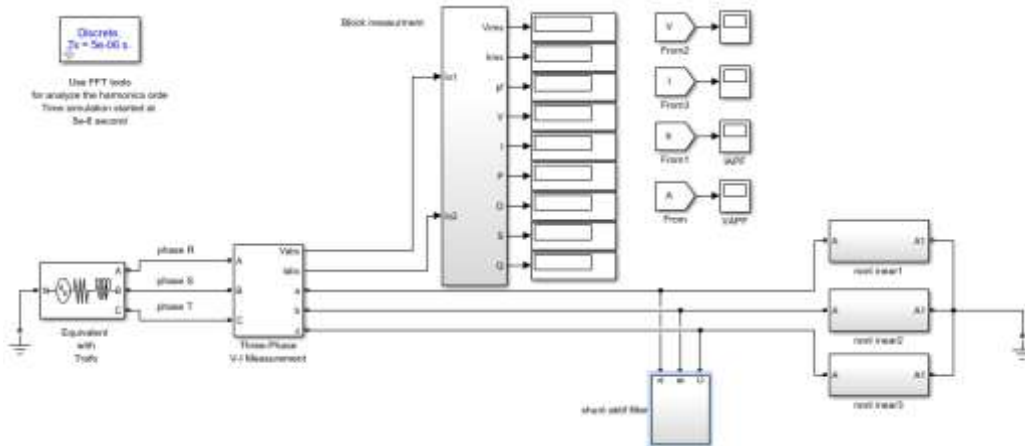


Gambar 3. Hasil Simulasi Kondisi *Exsisting* Pada Phasa T

Gambar 3 adalah hasil simulasi THDi saat kondisi *Exsisting* pada phasa T yang mendapatkan hasil THDi sebesar 17,8%. Dengan cara demikian didapatkan pula hasil simulasi THDi pada phasa R dan S masing-masing sebesar 15,4% dan 11,4%.

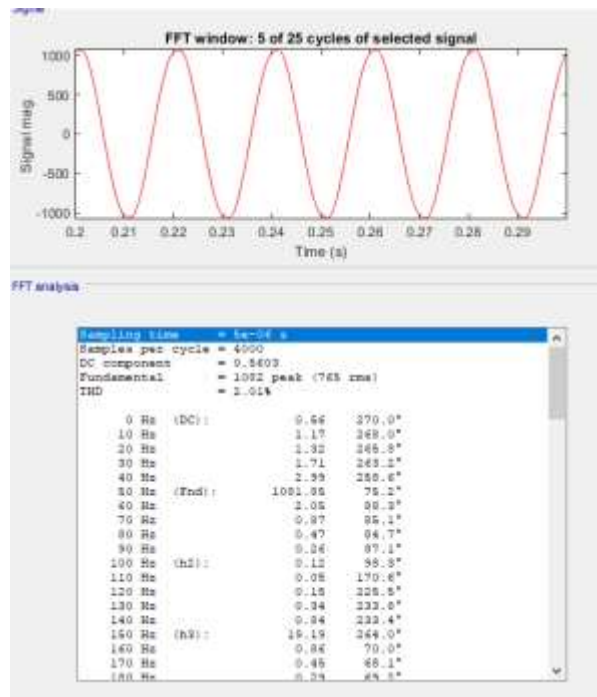
### 4.2. Simulasi THDi Menggunakan Filter Aktif

Simulasi THDi dengan menggunakan filter aktif dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Simulasi THDi Dengan Filter Aktif

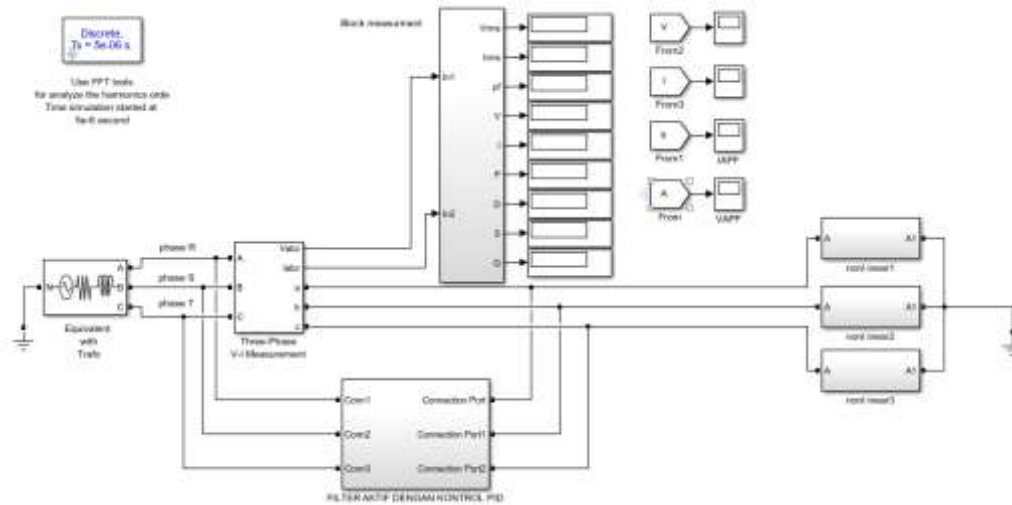
Hasil simulasi THDi dengan filter aktif dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Hasil Simulasi THDi Dengan Filter Aktif Pada Phasa R

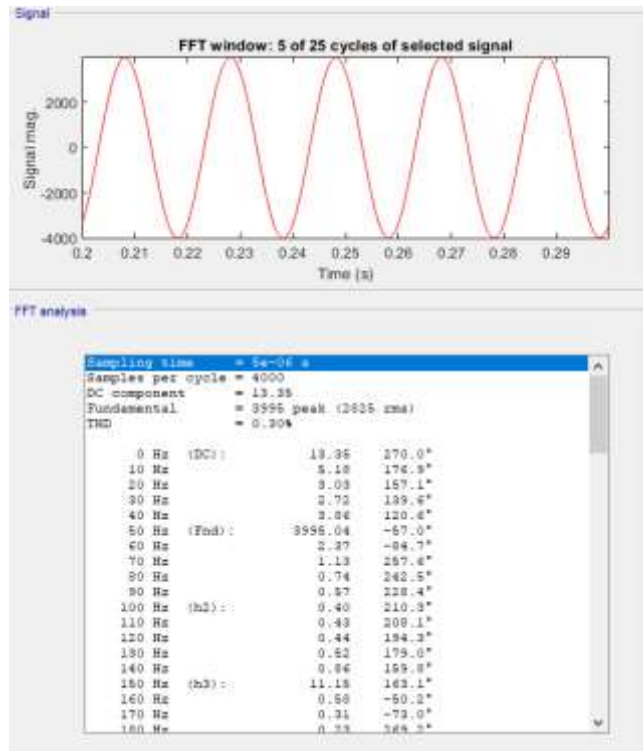
Dari gambar 5 maka didapatkan hasil THDi pada setiap phasa yaitu pada phasa R = 2,01%, S = 2,06%, T = 2,32%

#### 4.2 Simulasi THDi Dengan Filter Aktif Berbasis PID



Simulasi THDi dengan filter aktif berbasis *PID* dapat dilihat dari gambar berikut.

**Gambar 6.** Hasil Simulasi THDi Dengan Filter Aktif Berbasis *PID*



**Gambar 7.** Hasil Simulasi THDi Dengan Filter Aktif Berbasis *PID* Pada Fase S

Dari gambar diatas maka didapatkan hasil THDi di masing-masing phasa yaitu phasa R sebesar 0,31%, S sebesar 0,30%, T sebesar 0,35%.

#### 4.3 Perbandingan Rugi-Rugi Daya Pada Setiap Kondisi

Rugi-rugi daya pada setiap simulasi THDi mendapatkan hasil yang berbeda, hasil pada setiap kondisi dapat dilihat dari tabel berikut.

Tabel 1. Nilai  $I_h^2$  dalam Satuan p.u Pada Setiap Phasa Saat Kondisi *Existing*

Orde Harmonisa	Phasa R		Phasa S		Phasa T	
	ih (p.u)	ih2 (p.u)	ih (p.u)	ih2 (p.u)	ih (p.u)	ih2 (p.u)
3	0,1747	0,03052009	0,1833	0,03359889	0,1439	0,02070721
5	0,072	0,005184	0,0781	0,00609961	0,031	0,000961
7	0,0389	0,00151321	0,0409	0,00167281	0,0175	0,00030625
9	0,0244	0,00059536	0,0266	0,00070756	0,022	0,000484
11	0,0168	0,00028224	0,0193	0,00037249	0,0055	0,00003025
13	0,0124	0,00015376	0,0128	0,00016384	0,0088	0,00007744
15	0,0093	0,00008649	0,0089	0,00007921	0,0071	0,00005041
17	0,0073	0,00005329	0,0082	0,00006724	0,0028	0,00000784
19	0,0058	0,00003364	0,0056	0,00003136	0,0012	0,00000144
Total		0,03842208		0,04279301		0,02262584

Berdasarkan table diatas maka didapatkan hasil *load loss* ( $P_{LL}$ ) pada setiap phasa dengan perhitungan berikut :

$$P_{LL \text{ Phasa R}} \text{ (p.u)} = 0,03842208 + (0,03842208 \times 10,91^2) \times 0,01 = 0,08 \text{ (p.u)}$$

Dimana didapatkan hasil pada setiap phasa pada table berikut :

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Load loss* Pada Setiap Phasa Dalam Satuan (p.u)

Phasa	$P_{LL}$ (p.u)
R	0,08
S	0,09
T	0,09

Dengan didapatkan hasil pada table diatas maka dapat dihitung *total load loss* pada setiap phasa dengan perhitungan sebagai berikut :

$$P_{LL \text{ Phasa R}} = 0,08 \times 98,14 = 7,8512 \text{ kW}$$

Dengan demikian didapatkan hasil dari perhitungan diatas pada table berikut :

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Load loss* Pada Setiap Phasa Saat Kondisi *Existing*

Phasa	Losses (p.u)	PBase 1 $\phi$ (kW)	Losses (kW)
R	0,08	98,14	7,8512
S	0,09	98,14	8,8326
T	0,09	98,14	8,8326
Total			25,5164

Dari table diatas didapatkan hasil *total load loss* pada kondisi *existing* sebesar 25,5164 kW.

Sehingga hasil perhitungan *total load loss* pada tiap kondisi dapat dilihat

Kondisi	Total Losses(Kw)
<i>Existing</i>	25,5164
Filter Aktif <i>Shunt</i>	17.3609
Berbasis Kontrol <i>PID</i>	4,4162

pada table.

Dari tabel diatas dapat dilihat nilai yang didapat dari masing-masing kondisi berbeda, dimana rugi-rugi pada saat kondisi *existing* memiliki nilai rugi-rugi

yang paling tinggi sebesar 25,5164 kW, sedangkan pada kondisi dengan filter aktif mulai menurun dengan nilai sebesar 17.3609 kW, dan di kondisi dengan filter aktif berbasis *PID* memiliki nilai rugi-rugi yang paling rendah yaitu sebesar 4,4162 kW.

#### 4.4 Derating Transformator

Besarnya perubahan nilai THDi pada berdampak pula pada penurunan kapasitas kerja (*derating*) transformator Gedung Student Center Universitas Udayana didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$KVA \text{ baru} = THDF \times KVA \text{ pengenalan}$$

$$THDF = \frac{1,414 \times (\text{arus phase rms})}{(\text{arus puncak phase sesaat})} \times 100\%$$

$$= \frac{1,414 \times (\frac{1}{3} \times (Ir+Is+It)rms)}{\frac{1}{3} \times (Ir+Is+It)puncak} \times 100\% =$$

$$\frac{1,414 \times (\frac{1}{3} \times (152,9+159,3+113))}{\frac{1}{3} \times (260+321+176)} \times 100\%$$

$$= 78,3\%$$

$$KVA \text{ baru} = THDF \times KVA \text{ pengenalan}$$

$$= 78,3 \times 200$$

$$= 156,6 \text{ KVA}$$

$$\text{Derating (KVA)} = KVA \text{ pengenalan} - KVA \text{ Baru}$$

$$= 250 - 156,6 = 43,4 \text{ kVA}$$

$$\text{Derating Trafo (\%)} = \frac{43,4}{200} \times 100\% = 22\%$$

Dimana hasil dari perhitungan *derating* transformator pada setiap kondisi dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan *Derating* Transformator Pada Setiap Kondisi

Kondisi	Hasil(%)
<i>Existing</i>	22
Filter Aktif	1
Berbasis <i>PID</i>	1

Dilihat dari tabel diatas maka didapatkan bahwa nilai *derating* pada transformator Gedung *Student Center* Universitas Udayana memiliki 2 nilai yang berbeda yang didapat pada kondisi *existing derating* pada transformator mempunyai nilai yang cukup tinggi sebesar 22, dimana nilai ideal untuk kapasitas kerja transformator adalah 1 %, dimana nilai ideal *derating* tranformator terdapat pada kondisi dengan filter aktif dan dengan filter aktif berbasis *PID* yaitu sebesar 1%.

#### 5. KESIMPULAN

Dari semua pembahasan diatas dapat lihat bahwa penggunaan filter aktif berbasis *PID* memiliki dampak yang baik dalam mengatasi rugi-rugi dan penurunan kapasitas kerja (*derating*) pada transformator, terutama pada transformator Gedung Student Center Universitas Udayana, dimana didapat pada hasil pengukuran awal nilai THDi pada setiap fasa yaitu R sebesar 10,91%, fasa S sebesar 11,38%, dan fasa T sebesar 17,97%, sedangkan nilai *derating* pada kondisi awal adalah sebesar 22%. Namun setelah dilakukan simulasi pengoperasian filter aktif berbasis *PID* dengan menggunakan simulink *Matlab* didapatkan hasil yang berbeda pada setiap fasa dimana pada fasa R sebesar 0,31%, S sebesar 0,30%, T sebesar 0,35% penurunan nilai tersebut tentu mendampak pula pada *derating* transformator, dimana pada simulasi ini didapatkan nilai yang ideal untuk *derating* transformator yaitu sebesar 1%.

#### 6. REFERENSI

[1] Dugan, R.C., McGranaghan, M.F., Santoso, S., Beaty, H.W. 2004. *Electrical*



*Power System Quality – Second Edition.*  
USA: McGraw-Hill.

[2] Rinas, I.W. 2017. *Kualitas Daya Listrik & Beberapa Solusinya.* Denpasar: Udayana University Press.

[3] Widiarsana, I.P., Rinas, I.W., Arta, I.W. 2017. Penggunaan *Proportional Integral Derivative (PID) Controller* Pada Filter Aktif Untuk Meredam Harmonisa Akibat Beban *Non Linier* di Bali National Golf Resort.

[4] Agus, I.N., Rinas, I.W., Weking, A.I. 2017. Simulasi Peredaman Distorsi Harmonisa Menggunakan Filter Aktif dan Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Sistem Kelitrikan di Hotel The Bene Kuta. *E-Journal SPEKTRUM*, 4(2).

[5] Adi, I.P., Rinas, I.W., Sukerayasa, I.W. 2019. Studi Analisa Pengaruh *Total Harmonic Distortion (THD)* Terhadap Rugi-Rugi, Efisiensi, dan Kapasitas Kerja Transformator Pada Penyulang Kerobokan.

[6] Rinas, I.W. 2012. Studi Analisis *Losses dan Derating* Akibat Pengaruh THD Pada Gardu Transformator Daya di Fakultas Teknik Universitas Udayana.