

PENGUNAAN FUZZY LOGIC CONTROLLER PADA FILTER AKTIF UNTUK MEREDAM HARMONISA AKIBAT BEBAN NON LINIER DI BALI NATIONAL GOLF RESORT

Bagus Kurniawan¹, I Wayan Arta Wijaya², I Wayan Rinas³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: bagoest_kurniawan@yahoo.com¹, rinas@unud.ac.id², artawijaya@ee.unud.ac.id³

ABSTRAK

Jenis beban yang terdapat pada sistem kelistrikan di Bali National Golf Resort merupakan beban non linier. Beban non linier dapat menimbulkan harmonisa yang dapat menyebabkan penurunan kualitas daya listrik. Harmonisa dapat berdampak buruk bagi bentuk sinusoidal gelombang arus dan tegangan sehingga membuat sistem kelistrikan tidak normal. Salah satu cara untuk meredam harmonisa, dapat dilakukan dengan penambahan filter aktif. Dalam penelitian ini difokuskan pada simulasi penggunaan Fuzzy Logic Controller pada filter aktif untuk meredam harmonisa. Simulasi yang dilakukan menggunakan software MATLAB R2013. Hasil simulasi pada filter aktif mampu meredam harmonisa dimana nilai harmonisa arus dan tegangan turun rata – rata menjadi 0,86% dan 0,11%

Kata Kunci : Harmonisa, Beban non linier, Fuzzy

ABSTRACT

The type of load contained in the electrical system at Bali National Golf Resort is a non linear load. on-linear loads, it can cause harmonics and make a decrease in quality of electric power. Harmonics can be bad impact for the sinusoidal shape of current and voltage waves and then making the electrical system abnormal. To reduce harmonics we need the addition of an active filter. This research will focus on simulating the use of Fuzzy Logic Controller on active filters to reduce harmonics. The simulation is done using MATLAB R2013 software. As the results, The usage of Fuzzy Logic Controller on active filter are able to reduce the harmonics where the current and voltage harmonic values fall, average to 0,86% and 0,11%.

Keywords: Harmonics, non-linear loads, Fuzzy

1. PENDAHULUAN

Bali National Golf Resort merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri pariwisata dan olahraga. Peralatan seperti AC (*Air Conditioner*), charger boggie, controller, pompa dan peralatan lainnya, banyak ditemukan untuk penunjang fasilitas pada resort tersebut. Banyaknya beban-beban non linier yang digunakan, menyebabkan gangguan yang sering disebut dengan gangguan harmonisa pada system kelistrikan.

Berdasarkan pengukuran awal yang telah dilakukan di Bali National Golf Resort didapatkan besarnya nilai THD_i tertinggi terdapat pada LVDP PH fasa R sebesar 27,5 % dan terendah pada LVDP Substation D fasa R sebesar 13,6 %, serta besarnya nilai THDV tertinggi pada MDP Pump Station

sebesar 2,7 % dan terendah MDP Wantilan Lot 1 sebesar 1,1%. Standar THD_i sesuai dengan nilai rasio hubung singkat dan tabel standar IEEE 519 tahun 2014 adalah sebesar 5%, maka dengan nilai THD_i pada LVDP PH sebesar 27,5 % masih jauh diatas standar yang telah ditetapkan pada IEEE 519 tahun 2014. Standar THD_v sesuai IEEE 519 tahun 2014 yaitu dengan range tegangan 1 kV < V < 69 kV adalah sebesar 5 %, dimana Bali Golf National Resort disuplai tegangan 20 kV maka nilai THD_v terbesar yang didapat pada MDP Pump Station masih memenuhi standar.

Analisis dilakukan dengan menggunakan Controller logika Fuzzy untuk meredam harmonisa akibat beban *non linier* di Bali National Golf Resort

dengan memanfaatkan aplikasi MATLAB.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Harmonisa pada sistem tenaga listrik

Harmonisa merupakan suatu fenomena yang muncul akibat pengoperasian beban listrik tidak seimbang. Harmonisa dalam suatu sistem kelistrikan dapat menjadi salah satu penyebab yang dapat mempengaruhi kualitas daya. Dengan adanya harmonisa yang sangat dominan dan bersifat permanen dapat menyebabkan terbentuknya gelombang kelipatan dari frekuensi fundamental, seperti contoh 100Hz, 150Hz, 200Hz, 300Hz,. Nilai seperti ini dapat mengganggu sistem kelistrikan pada frekuensi fundamentalnya, yaitu 50/60 Hz, ini akan berdampak pada bentuk gelombang arus maupun tegangan yang bentuknya adalah sinusoidal murni akan terdistorsi akibat harmonisa yang terjadi [1]

2.2 Total Harmonic Distortion (THD)

Distorsi harmonisa atau harmonic distortion disebabkan oleh peralatan non linier dalam suatu sistem tenaga listrik. Peralatan yang dapat dikategorikan kedalam beban non linier yaitu apabila mempunyai output yang nilainya tidak sebanding dengan tegangan yang diberikan [1].

Untuk mencari nilai dari THD tegangan dan arus dapat menggunakan rumus seperti pada Persamaan berikut [2]

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^n V_h^2}}{V_1} \times 100\% \tag{1}$$

Di mana:

V_h = Komponen harmonisa tegangan ke-h
 V_1 = Tegangan frekwensi fundamental (rms)

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^n I_h^2}}{I_1} \times 100\% \tag{2}$$

Di mana :

I_h = Komponen harmonisa arus ke-h
 I_1 = Arus frekwensi fundamental (rms)

2.3 Standar Harmonisa

Munculnya harmonisa menyebabkan dibuatnya beberapa standar atau regulasi. Seperti yang dikeluarkan oleh *Institute of Electrical and Electronics Engineer (IEEE) IEEE Std. 519- 2014* [3]

Tabel 1 Standar IEEE Std 519TM-2014 tentang batas THD arus

Maximum harmonic current distortion in percent of I _L						
Individual harmonic ordee (odd harmonic) ^{a,b}						
I _{sc} /I _L	3 ≤ h ≤ 11	11 ≤ h ≤ 17	17 ≤ h ≤ 23	23 ≤ h ≤ 35	35 ≤ h ≤ 50	T H D
< 20	4	2,0	1,5	0,6	0,3	5
20 < 50	7	3,5	2,5	1,0	0,5	8
50 < 100	10	4,5	4,0	1,5	0,7	12
100 < 1000	12	5,5	5,0	2,0	1,0	15
> 1000	15	7,0	6,0	2,5	1,4	20

Jika mengacu pada IEEE Std 519TM-2014 , untuk menentukan batas maksimum THDi pada *utility*, maka harus dihitung terlebih dahulu rasio hubung singkat (*short-circuit ratio*). SC_{ratio} dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$SC_{ratio} = \frac{I_{sc}}{I_L} \tag{3}$$

Untuk besaran nilai arus hubung singkat dapat dicari dengan rumus:

$$I_{sc} = \frac{KVA \times 100}{\sqrt{3} \times KV \times Z (\%)} \tag{4}$$

Sedangkan nilai arus beban maksimum dapat diperoleh dengan menggunakan rumus berikut :

$$I_L = \frac{KW}{PF \cdot \sqrt{3} \cdot KV} \tag{5}$$

Keterangan:

I_{sc} = Arus hubung singkat maksimum pada PCC

I_L = Arus beban maksimum

KW = Total daya aktif

Tabel 2 Standar IEEE Std 519TM-2014 tentang batas THD tegangan

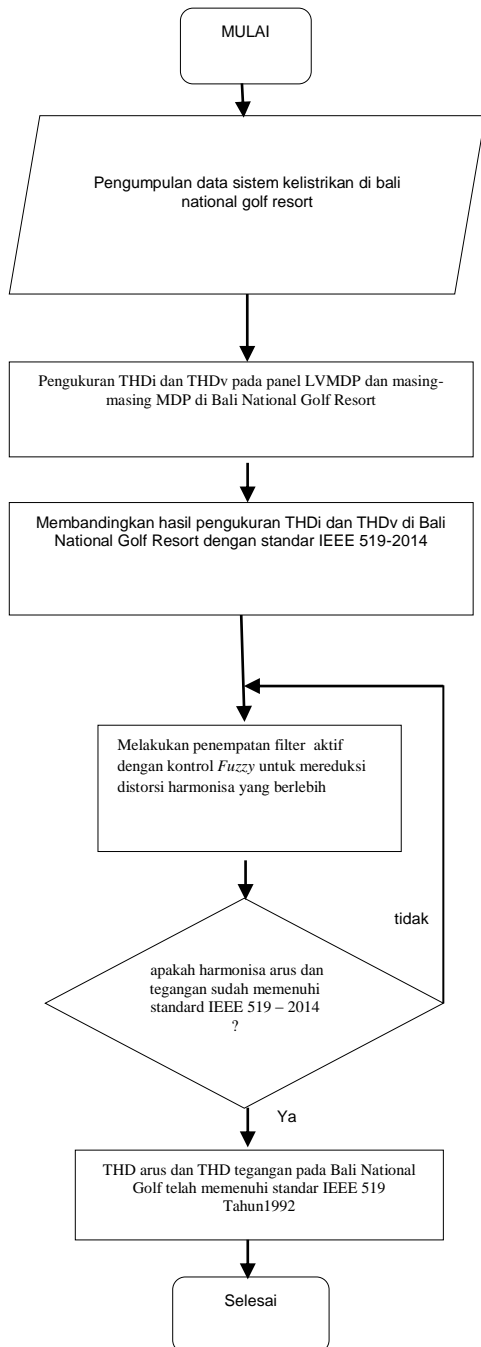
BusVoltage at PCC	Individual Voltage Distortion (%)	Total harmonic distortion THD (%)
V ≤ 1.0 kV	5,0	8,0
1 kV < V < 69 kV	3,0	5,0
69 kV < V ≤ 161kV	1,5	2,5
161 kV < V	1,0	1,5

2.4 Fuzzy

Logika fuzzy merupakan suatu logika yang memiliki nilai bias atau kesamaran antara benar atau salah. Pada teori fuzzy suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersama. Namun beberapa dasar keberadaan dan kesalahan suatu tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. [8]

3. METODE PENELITIAN

Analisa pada penelitian ini dapat digambarkan pada flowchart pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data hasil pengukuran THDv dan THDi

Dari pengukuran yang dilakukan pada feeder trafo di panel LVDP PH sampai dengan tujuh panel lainnya akan dilakukan analisa untuk nilai kandungan THD arus dan teangan apakah telah sesuai dengan standar. Data pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Data hasil pengukuran THD arus dan tegangan di Bali National Golf Resort

Tempat	Phasa	THD _i (%)	THD _v (%)
LVDP PH	R	27,5	1,9
	S	27,10	1,6
	T	25,96	1,5
MDP Power House	R	18,9	2,2
	S	16	2,6
	T	19,1	2
MDP Pump Station	R	27,4	2,7
	S	25,6	2,1
	T	21,9	2,4
LVDP Subtation D	R	13,6	1,9
	S	14,5	1,4
	T	13,9	2,3
MDP Wantilan Lot 1	R	15,7	1,6
	S	16,1	1,1
	T	16,4	2
MDP Trinisty Villa	R	17,3	2,2
	S	18	1,3
	T	18,7	2,3
Mdp Golf Course Maintenance	R	18,3	2,4
	S	19	2,1
	T	19,7	2,1
MDP Lead Better Golf Academy	R	15,4	1,9
	S	15,1	2,1
	T	16,8	1,6

4.2 Perhitungan Nilai Batas Maksimum THD_i dan THD_v di Bali National Golf Resort

4.2.1 Batas maksimum THD_i di Bali National Golf Resort

Menurut IEEE Std 519™-2014 (Revision of IEEE Std 519-1992), untuk menentukan standar batas maksimum THD_i pada utility, maka harus diketahui terlebih dahulu rasio hubung singkat (short-circuit ratio). SC_{ratio} dapat dicari dengan menggunakan persamaan (3) , (4) dan (5) .

Dari salah satu data yang di dapat pada Bali National Golf Resort, dapat dihitung nilai rasio hubung singkat sebagai berikut :

Kapasitas Transformator (kVA) = 400 kVA
 Tegangan Sekunder (kV) = 380 V
 Impedansi (%) = 4 %

$$I_{sc} = \frac{kVA \times 100}{\sqrt{3} \times kV \times Z} = \frac{400 \times 100}{\sqrt{3} \times 0,38 \times 0,04} = 1521143,9 A$$

$$I_L = \frac{KW}{PF \cdot \sqrt{3} \cdot KV} = \frac{108160}{0,86 \times \sqrt{3} \times 0,38} = \frac{108160}{0,565364} = 191310,377 A$$

$$SC_{ratio} = \frac{I_{sc}}{I_L} = \frac{1521143,9}{191310,377} = 7,952$$

Perhitungan SC ratio diatas merupakan salah satu data yang digunakan untuk menentukan batas nilai THD_i yang diijinkan dengan merujuk standar IEEE 519 2014. Sehingga nilai batas maksimum THD_i dapat ditentukan dan ditabelkan yang diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Batas maksimum THD_i di Bali National Golf Resort

Tempat	Phasa	SC ratio hasil Perhitungan	SC ratio IEEE Std 519 TM -2014	THD _i Max (%)
LVDP PH	R	7,952	< 20	5
	S	6,927	< 20	5
	T	7,099	< 20	5
MDP POWER HOUSE	R	17,83	< 20	5
	S	19,027	< 20	5
	T	16,854	< 20	5
MDP PUMP STATION	R	12,097	< 20	5
	S	11,62	< 20	5
	T	14,124	< 20	5
LVDP SUB D	R	61,147	50 < 100	12
	S	68,42	50 < 100	12
	T	55,484	50 < 100	12
MDP WANTILAN LOT 1	R	416,16	100 < 1000	15
	S	400,19	100 < 1000	15
	T	438,55	100 < 1000	15
MDP TRINISTY VILLA	R	393,95	100 < 1000	15
	S	429,14	100 < 1000	15
	T	374,81	100 < 1000	15
MDP GOLF COURSE MAINTENANCE	R	119,98	100 < 1000	15
	S	121,87	100 < 1000	15
	T	123,81	100 < 1000	15
MDP LEAD BETTER GOLF ACADEMY	R	324,96	100 < 1000	15
	S	351,24	100 < 1000	15
	T	308,96	100 < 1000	15

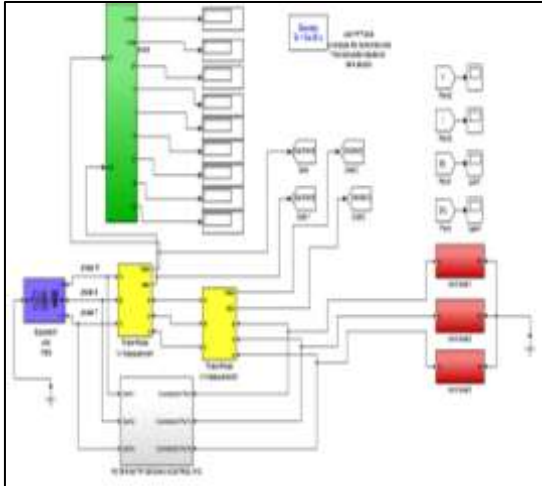
Perbandingan antara nilai kandungan harmonisa hasil pengukuran dengan standard pengukuran yang digunakan IEEE Std 519TM-2014

Tabel 5 perbandingan THD_i pengukuran dengan standar IEEE Std 519TM-2014

Tempat	Phasa	THD _i pada Bali National Golf Resort (%)	THD _i sesuai IEEE Std 519 TM -2014 (%)	KET
LVDP PH	R	27,5	5	Tidak standar
	S	27,10	5	Tidak standar
	T	25,96	5	Tidak standar
MDP POWER HOUSE	R	18,9	5	Tidak standar
	S	16	5	Tidak standar
	T	19,1	5	Tidak standar
MDP PUMP STATION	R	27,4	5	Tidak standar
	S	25,6	5	Tidak standar
	T	21,9	5	Tidak standar
LVDP SUBSTATION D	R	13,6	12	Tidak standar
	S	14,5	12	Tidak standar
	T	13,9	12	Tidak standar
MDP WANTILAN LOT 1	R	15,7	15	Tidak standar
	S	16,1	15	Tidak standar
	T	16,4	15	Tidak standar
MDP TRINISTY VILLA	R	17,3	15	Tidak standar
	S	18	15	Tidak standar
	T	18,7	15	Tidak standar
MDP GOLF COURSE MAINTENANCE	R	18,3	15	Tidak standar
	S	19	15	Tidak standar
	T	19,7	15	Tidak standar
MDP LEAD BETTER GOLF ACADEMY	R	15,4	15	Tidak standar
	S	15,1	15	Tidak standar
	T	16,8	15	Tidak standar

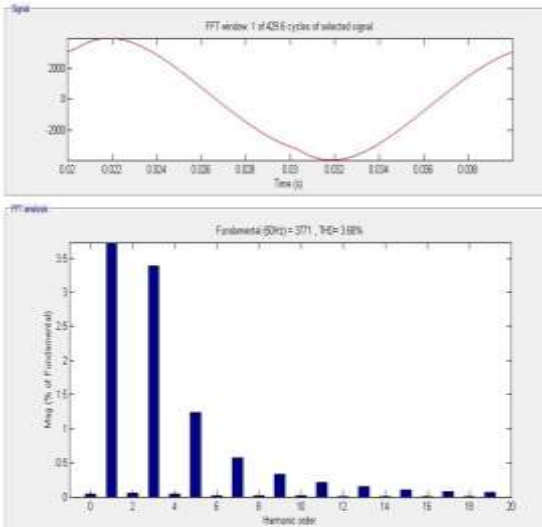
4.3 Simulasi Filter aktif untuk mengurangi Total Harmonic Distorsion (THD).

Model rangkaian pada Simulink MATLAB dimana telah terpasang filter aktif shunt pada simulasi



Gambar 2. Desain model Simulink filter aktif dengan *Fuzzy Logic Controller*

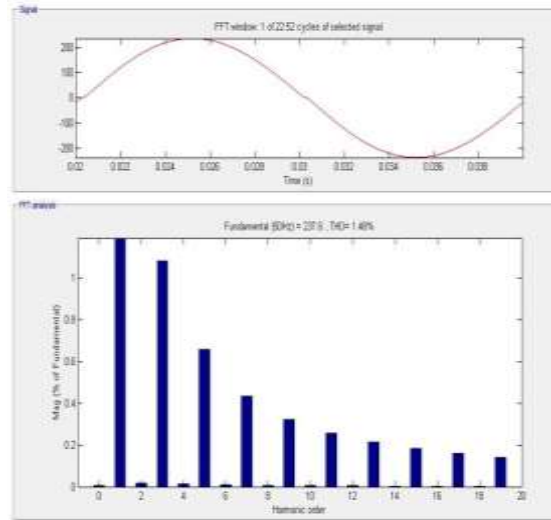
Dengan bantuan *FFT Tools* dapat diketahui besarnya kandungan THD pada sinyal dan spectrum yang dihasilkan oleh simulasi pada sistem, seperti yang terlihat pada gambar berikut.



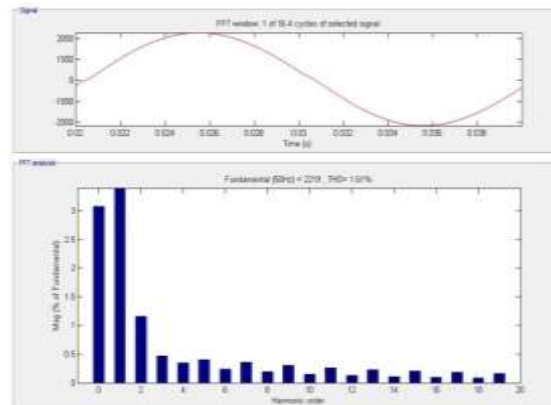
Gambar 3 Hasil Simulasi THDi setelah pengoperasian filter aktif

Dari gambar diatas, hasil keluaran sinyal setelah penambahan filter aktif, nilai THD arus mengalami penurunan. Begitu juga pada

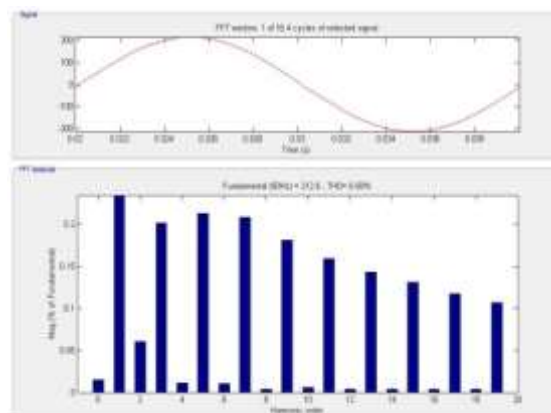
hasil simulasi terhadap THD tegangan di bawah ini.



Gambar 4 Simulasi THDv setelah pengoperasian filter aktif



Gambar 5 Hasil Simulasi THDi setelah pengoperasian filter aktif dengan kontrol Logika Fuzzy



Gambar 6 Hasil Simulasi THDv setelah pengoperasian filter aktif dengan control Logika Fuzzy

4.4 Analisis Perbandingan Simulasi THD Menggunakan Filter Aktif Tanpa Kontrol dengan Filter Aktif Menggunakan Fuzzy Logic Controller

Perbandingan hasil di setiap simulasi dalam keadaan yang berbeda dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Perbandingan Hasil Simulasi THDi dan THDv Setiap Simulasi

Tempat	P h a s a	Filter aktif tanpa control		Filter aktif dengan control Fuzzy		KET
		THDi (%)	THDv (%)	THDi (%)	THDv (%)	
LVDP PH	R	3,68	1,48	0,85	0,18	Memenuhi Standar
	S	4,28	1,74	0,46	0,10	Memenuhi Standar
	T	4,12	1,66	0,67	0,13	Memenuhi Standar
MDP POWER HOUSE	R	1,77	0,75	0,88	0,19	Memenuhi Standar
	S	1,71	0,62	0,45	0,11	Memenuhi Standar
	T	2,04	0,73	0,65	0,12	Memenuhi Standar
MDP PUMP	R	4,06	1,46	0,84	0,16	Memenuhi Standar
	S	4,52	1,49	0,49	0,10	Memenuhi Standar
	T	3,20	1,03	0,66	0,12	Memenuhi Standar
LVDP SUB D	R	3,55	0,56	0,88	0,19	Memenuhi Standar
	S	4,14	0,69	0,46	0,10	Memenuhi Standar
	T	3,67	0,68	0,65	0,11	Memenuhi Standar
MDP WANTILAN LOT 1	R	3,33	0,8	0,89	0,21	Memenuhi Standar
	S	3,42	0,9	0,45	0,10	Memenuhi Standar
	T	3,29	0,81	0,65	0,12	Memenuhi Standar
MDP TRINITY VILLA	R	3,55	0,9	0,88	0,19	Memenuhi Standar
	S	3,13	0,88	0,46	0,10	Memenuhi Standar
	T	3,99	0,85	0,66	0,12	Memenuhi Standar
MDP GCM	R	2,66	0,83	0,88	0,19	Memenuhi Standar
	S	2,64	0,84	0,46	0,10	Memenuhi Standar
	T	2,73	0,83	0,65	0,12	Memenuhi Standar
MDP LGA	R	1,68	0,38	0,88	0,19	Memenuhi Standar
	S	1,71	0,45	0,46	0,10	Memenuhi Standar
	T	1,50	0,32	0,66	0,12	Memenuhi Standar

Kandungan THDi setelah pemasangan filter aktif tanpa kontrol terjadi penurunan nilai THDi dimana dengan jumlah penurunan tersebut sudah memenuhi standar IEEE 519

Tahun 2014 dengan batas THDi sebesar $\leq 5,0\%$. Tercatat THDi tertinggi pada MDP PUMP STATION Phasa S dengan kandungan THDi sebesar 4,52 % dan Kandungan THDi terendah sebesar 1,5 % terdapat pada MDP LEAD BETTER GOLF ACADEMY.

Kandungan THDv pada setiap panel di Bali National Golf Resort sesuai pengukuran di lapangan telah memenuhi standar dengan batas THDv sebesar $\leq 5,0\%$. Mengacu pada tabel 4.6 dan tabel 4.10 terjadi penurunan nilai THDv setelah pemasangan filter aktif tanpa kontrol dimana nilai THDv tertinggi terdapat pada LVDP PH sebesar 1,74 % dan terendah terdapat pada Mdp Lead Better Golf Academy Phasa T sebesar 0,32 %

Kandungan THDi setelah pemasangan filter aktif dengan kontrol Fuzzy terjadi penurunan nilai THDi dimana dengan jumlah penurunan tersebut sudah memenuhi standar IEEE 519 Tahun 2014 dengan batas THDi sebesar $\leq 5,0\%$. Tercatat THDi tertinggi pada Mdp Wantilan Lot 1 Phasa R dengan kandungan THDi sebesar 0,89 % dan Kandungan THDi terendah terdapat pada Untuk THDv setelah pemasangan filter aktif dengan kontrol Fuzzy terjadi penurunan nilai THDv dimana nilai THDv tertinggi terdapat pada Mdp Wantilan Lot 1 phasa R dengan nilai sebesar 0,21%. Kemudian nilai THDv terendah terdapat di phasa S di LVDP PH, MDP Power House, MDP Pump Station, LVDP Substation D, MDP Wantilan Lot 1, MDP Trinisty Villa, MDP Golf Course Maintenance, MDP Lead Better Golf Academy yaitu dengan nilai sebesar 0,10%

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis simulasi penggunaan logika fuzzy pada filter aktif untuk meredam harmonisa akibat beban non linier di Bali National Golf Resort, maka hasil yang di dapatkan, penggunaan filter aktif dengan *fuzzy logic controller* sudah mampu membuat harmonisa yang sebelumnya tidak memenuhi standard menjadi memenuhi Standar IEEE 519-2014, yang telah ditentukan yaitu sebesar $\leq 5\%$. THDi setelah mensimulasikan pemasangan filter turun rata-rata menjadi 0,86% Untuk kandungan THDv turun rata-rata menjadi 0,11 %.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1]. Dugan, McGranaghan, Santoso, Beaty. Electrical Power System Quality- Second Edition. USA : McGraw-Hill. 2003. s

- [2]. Mohn, Ned. Power Electronic Converter, Application and Design .New York : A Wiley Interscience Publication, 1989.
- [3]. Duffey, Update of Harmnic Standard IEEE-519 : IEEE Recomend Practice and Requiremens for Harmonic Control Electric Power Systems. IEEE Transaction on Industry Applications, Vol. 25. No. 6,
- [4]. Rinas, I Wayan. 2013. Simulasi Penggunaan Filter Pasif, Filter Aktif dan Filter Hybrid Shunt untuk Meredam Meningkatnya Distorsi Harmonisa Yang Disebabkan Oleh Munculnya Gangguan Resonansi. Teknologi Elektro ., Juli-Desember 2013 Vol.12 No.2
- [5]. Weking, A.I. Rinas, I W. Suwardana A. K. 2013. Simulasi Penentuan Penempatan Filter aktif Shunt Untuk Mendapatkan Distorsi Daya yang Terkecil di Blue Point Bay Villa.. Teknologi Elektro ., Juli - Desember 2013: Vol. 12 No. 2 .
- [6]. Gulley, Ned. 1999. *Fuzzy Logic Toolbox*. USA : The MathWorks, Inc
- [7]. Kusuma Dewi, S. Purnomo, H. 2010. Aplikasi Logika Fuzzy untuk pendukung keputusan. Yogyakarta : Graha Ilmu.