

# ANALISA PEMASANGAN FILTER HYBRID TERHADAP BEBAN-BEBAN NON LINIER PADA BLUE POINT BAY VILLA DAN SPA

I Wayan Dedy Setiawan<sup>1</sup>, I Wayan Rinas<sup>2</sup>, Antonius Ibi Weking<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Udayana  
Email: [dedysetiawan730@gmail.com](mailto:dedysetiawan730@gmail.com)<sup>1</sup>, [rinas@unud.ac.id](mailto:rinas@unud.ac.id)<sup>2</sup>, [tony@ee.unud.ac.id](mailto:tony@ee.unud.ac.id)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Kajian sebelumnya tentang analisa harmonisa telah dilakukan di hotel The Blue Point Bay Villa & Spa yaitu banyak terdapat tingginya kandungan beban-beban non linier yang mengakibatkan adanya distorsi harmonisa yang berdampak pada rugi-rugi daya. Kandungan harmonisa arus pada sistem kelistrikan di hotel The Blue Point Bay Villa & Spa tidak memenuhi standar IEEE 519-1992 yang mengakibatkan kualitas daya menurun. Penelitian ini menganalisis langkah-langkah pemasangan filter hybrid type high-pass untuk meredam distorsi harmonisa, menganalisis daya losses menggunakan software ETAP. Analisis dilakukan sebelum dan sesudah pemasangan filter hybrid. Hasil analisis dari simulasi filter hybrid dapat mereduksi distorsi harmonisa dengan nilai THD<sub>i</sub> pada SDP1 sebesar 6,42 %, SDP2 sebesar 6,41 %, SDP3 sebesar 6,42 %, SDP4 sebesar 6,41 %, dan SDP5 sebesar 6,42%. Nilai THD<sub>v</sub> hasil simulasi pada semua SDP sebelum pemasangan filter hybrid yaitu 8,80 % dan sesudah pemasangan filter hybrid yaitu 0,13 %.

**Kata kunci :** Beban non linier, Harmonisa, THD, filter aktif high-pass

## ABSTRACT

A previous review of harmonic analyzes has been conducted at The Blue Point Bay Villa & Spa hotel, where there are many high non linear loads, resulting in harmonic distortions that have an impact on power losses. The current harmonic content of the electricity system at The Blue Point Bay Villa & Spa hotel does not meet the IEEE 519-1992 standard which results in decreased power quality. This research analyzes the steps of installing high-pass hybrid filter type to reduce harmonic distortion, analyze power losses using ETAP software. Analysis is performed before and after the installation of hybrid filters. The analysis result of hybrid filter simulation can reduce harmonic distortion with THD<sub>i</sub> value at SDP1 equal to 6,42%, SDP2 equal to 6,41%, SDP3 equal to 6,42%, SDP4 6,41%, and SDP5 6,42%. THD<sub>v</sub> value simulation results on all SDP before installation of hybrid filter that is 8.80% and after installation of hybrid filter that is 0,13%.

**Keywords :** non-linear Loads, Harmonics, THD, high-pass active filter.

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan kecanggihan teknologi digital yang sangat pesat akan membawa perubahan terdapat banyak di kehidupan manusia. Kebanyakan peralatan – peralatan listrik, bahkan hampir semua peralatan listrik yang ada saat ini berbasis mikro elektronik. Peralatan jenis ini merupakan jenis beban non linier, dimana bentuk gelombang arus dan tegangan yang keluarannya tidak sebanding dengan gelombang masukannya di kenal sebagai harmonisa [1][2]. Pengoperasian peralatan elektronika daya yang menimbulkan distorsi

pada bentuk arus gelombang listrik dengan daya losses minimum pada frekuensi fundamentalnya. Tingkat harmonisa yang tinggi sangat banyak berpengaruh pada transformator, sehingga akan terjadi (losses) [3].

Latar belakang tersebut diatas, maka pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis mengenai pengaruh pengoperasian filter hybrid yang merupakan penggabungan filter pasif dengan filter aktif yang dikonfigurasi seri. Penggunaan filter diharapkan agar meningkatkan kinerja filter pasif terhadap distorsi harmonisa di Bay Villa &

SPA, dengan menggunakan software ETAP.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Kajian pustaka mencakup teori-teori penunjang yang dijadikan acuan yang meliputi pemasangan filter *hybrid* terhadap beban-baban non linier.

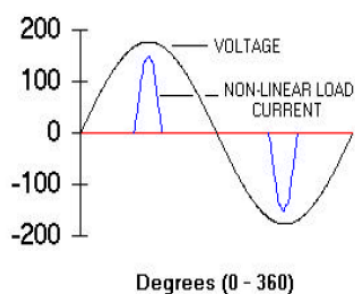
### 2.1 Harmonisa

Harmonisa adalah gelombang arus sinusoidal memiliki frekuensi yang merupakan hasil kali interger dari frekuensi dasar dimana suplai sistem dirancang untuk beroperasi antara 50 atau 60 Hz. Gelombang Harmonisa disebabkan oleh adanya beban nonlinear yang digunakan dalam sistem tenaga. Dalam pemanfaatan filter harmonisa ini adalah untuk meredam pengaruh harmonic maka pada transformator distribusi atau panel control utama perlu dipasang peralatan proteksi ,antara lain filter harmonisa baik filter aktif atau filter pasif. Tujuan utama dari filter harmonisa adalah untuk mengurangi amplitude dari sebuah tegangan arus pada frekuensi tertentu [4].

### 2.2 Beban Nonlinier

Peralatan yang dihasilkan oleh gelombang arus yang tidak *proporsional* berbentuk sinusoidal berfrekuensi tinggi disebut dengan arus harmonisa dinamakan beban *non linier*, lihat pada Gambar 1. Hasil yang ditimbulkan oleh arus harmonisa pada peralatan sistem tenaga listrik yaitu implikasi, misalnya pemanasan berlebih pada kapasitor, rugi-rugi pada jaringan akan meningkat, kesalahan pada percobaan alat ukur, pada mesin yang berputar dan transformator.

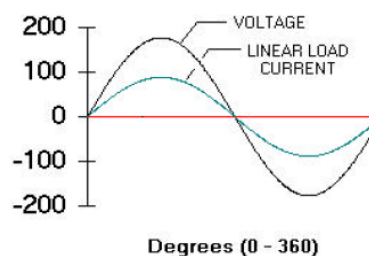
Sebagian besar beban nonlinier yang digolongkan *deforming loads* adalah konverter statis. Beban ini dapat berdaya besar dengan jumlah yang sedikit atau berdaya rendah dengan hasil jumlah yang banyak [1].



Gambar 1. Gelombang Arus dan Tegangan Beban Non Linier [1].

### 2.3 Beban Linier

Sedangkan beban linier yaitu kebalikannya dari beban non linier beban impedansi yang selalu konstan sehingga arus selalu berbanding lurus dengan tegangan setiap waktu. Terdapat hubungan yang linier antara arus dan tegangan sehingga bentuk gelombang arus akan sama dengan bentuk gelombang tegangannya pada Gambar 2. Gelombang arus dan tegangan yang dihasilkan oleh beban linier komponen arusnya *proporsional* terhadap bentuk gelombang tegangannya, apabila diberi tegangan sinusoidal, maka arus mengalir ke beban linier merupakan arus yang sama juga sehingga tidak menimbulkan distorsi [1].

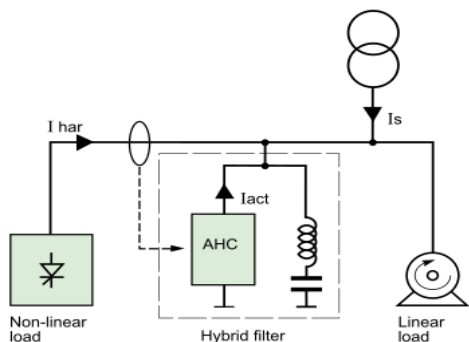


Gambar 2. Bentuk Gelombang Arus dan Tegangan Beban Linier [1].

### 2.4 Pemodelan Pemasangan Filter Hybrid

Perencanaan filter hybrid dimodelkan dalam bentuk kombinasi antara pemasangan filter aktif dan filter pasif. Hal ini bertujuan untuk mencegah meluasnya tegangan harmonisa. Pemasangan filter *hybrid* yang terdiri dari filter aktif seri dan filter pasif shunt dipasang secara bersamaan seperti Gambar 3. Filter aktif dipasang seri dengan beban non linear sedangkan filter pasif dipasang secara paralel terhadap beban non linear.

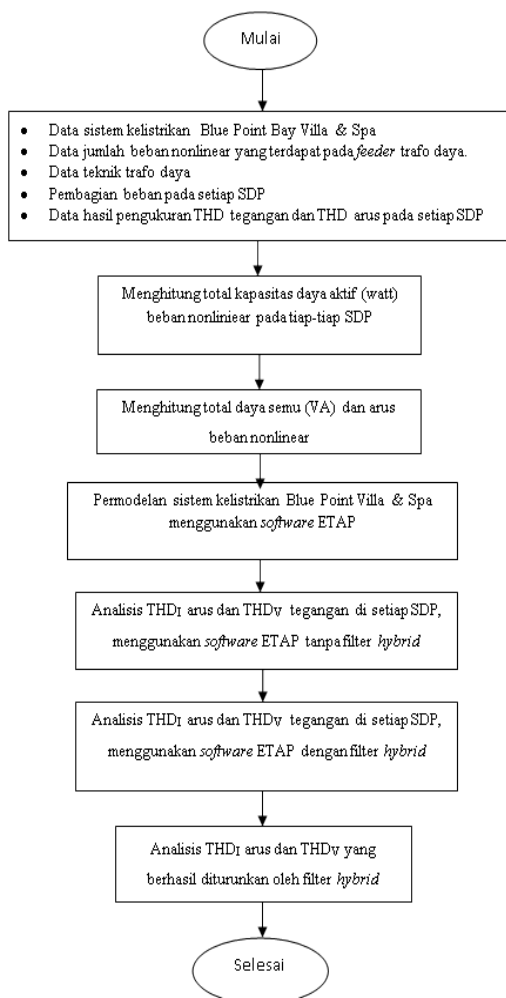
Prinsip dasar Filter aktif adalah, seperti inverter yang dikontrol secara khusus dan secara aktif dapat mendeteksi komponen arus spesifik di jaringan. Menggunakan dengan cara sederhana yaitu menyuntikkan arus harmonisa yang fasanya dibuat berbeda, sehingga saling menghilangkan yang tujuannya untuk menggagalkan daya arus harmonisa menuju sumber filter aktif juga dapat mengkompensasi faktor daya atau fungsi yang lain. Berbeda dengan filter pasif yang hanya dapat memfilter satu harmonisa pada satu link filter pasif, filter aktif bias mengkompensasi banyak harmonisa hanya dengan satu link filter aktif [5].



Gambar 3. Rangkaian Hybrid Active Filter [5].

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam pemasangan filter hybrid terhadap beban-beban non linier ini mempunyai langkah-langkah sebagai berikut ditunjukkan pada Gambar 4 .



Gambar 4. Flowchart Alur Analisis

#### 3.1 Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini berupa data pri-

mer yang diperoleh dari pengukuran beban-beban yang dioperasikan di The Blue Point Bay Villa & SPA dan studi literatur yang berkaitan dengan tema pembahasan.

#### 3.2 Analisa Data

1. Pengumpulan data sistem kelistrikan *single line diagram* di The Blue Point Bay Villa & SPA, data kapasitor dan jumlah beban nonlinear yang terdapat pada *feeder* trafo daya dan data hasil pengukuran dari  $THD_i$  dan  $THD_v$  Menghitung total kapasitas daya aktif (*watt*) beban nonlinear pada tiap-tiap panel.
2. Menghitung total kapasitas daya semu (VA) dan arus beban nonlinear pada tiap-tiap panel.
3. Menghitung total daya semu (VA) dan arus beban nonlinear pada tiap-tiap panel.
4. Batas maksimum  $THD_i$  dan  $THD_v$  berdasarkan IEEE standar 519-1992 [6].
5. Permodelan sistem kelistrikan di The Blue Point Bay Villa & SPA dengan menggunakan *software ETAP*.
6. Analisis  $THD_i$  dan  $THD_v$  dengan melakukan simulasi menggunakan *software ETAP* tanpa filter *hybrid*.
7. Analisis  $THD_i$  dan  $THD_v$  dengan melakukan simulasi menggunakan *software ETAP* dengan filter *hybrid*.
8. Analisis hasil simulasi berdasarkan IEEE standar 519-1992 [6].

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Sistem Kelistrikan Blue Point Bay Villa & SPA

Blue Point Bay Villa & Spa merupakan salah satu hotel bintang 3 yang terletak di jalan Uluwatu Jimbaran-Bali. Berikut ini merupakan data karakteristik trafo di The Blue Point Bay Villa & Spa ditunjukkan pada Tabel 1 .

Tabel 1 Data Karakteristik Transformator Distribusi The Blue Point Bay Villa & Spa

Daya	630 Kva
Phasa	3
Tegangan Primer (Kv)	20 Kv
Tegangan Sekunder (Kv)	400/231 V
Vektor Group	DyN5
Impedansi (%)	4 %
R	1,03 %
X	3,86 %

Sumber: The Blue Point Bay Villa & Spa [7][8].

### 4.2 Kapasitas Daya Aktif, Daya Semu dan Arus Beban Non Linier pada Setiap SDP

Daya aktif yang terpasang pada SDP 1.1 dimana fasa R: 9156 watt, S: 9998 watt, dan T: 9170 watt. Besarnya ( $\cos \theta$ ) factor daya yang di dapat dari hasil pengukuran tiap panel pada sistem kelistrikan The Blue Point Bay Villa & Spa yaitu 0.85. Dapat dihitung besar total daya semu (VA) perfasa dan arus beban-beban nonlinier yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Daya Semu Fasa R} &= \frac{\text{Daya Aktif (Watt)}}{\cos \theta} \\ &= \frac{9156}{0,85} = 10,77 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Arus beban nonlinier ( $I_{NL}$ ) fasa R =

$$I_{NL} = \frac{\text{Daya Aktif (W)}}{V_{\text{sistem}} (\text{V}) \cdot \text{pf}}, \text{diketahui pf}= 0,85$$

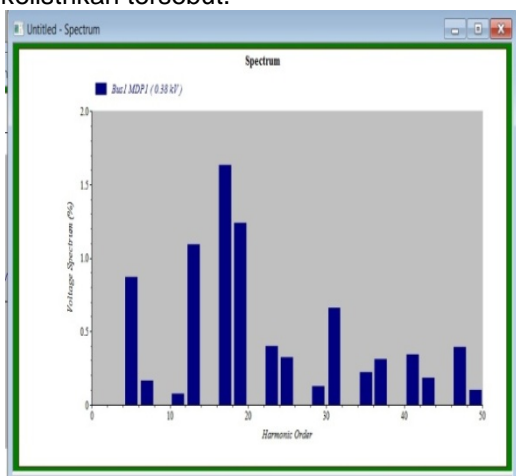
$$= \frac{9156}{187} = 48,96 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} I_{sc} &= \frac{kVA \cdot 100}{\sqrt{3} \cdot kV \cdot Z (\%)} \\ &= \frac{10,77 \cdot 100}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 4} \\ &= \frac{1077}{2,8} = 384,6 \text{ A} \end{aligned}$$

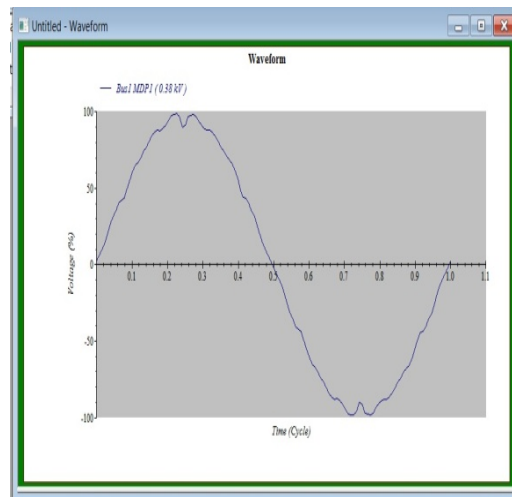
$$SC_{ratio} = \frac{I_{sc}}{I_L} = \frac{384,6}{48,96} = 7,8 \text{ A}$$

### 4.3 Hasil Simulasi Sebelum Pengoperasian Filter Hybrid

Dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 bahwa terjadinya cacat distorsi terhadap bentuk grafik dan gelombang tegangan yang tidak beraturan diakibatkan adanya beban *non linier* pada sistem kelistrikan tersebut.



Gambar 5. Running Spektrum Sebelum Pemasangan Filter Hybrid pada Sistem



Gambar 6. Running Gelombang Sebelum Pemasangan Filter Hybrid pada Sistem

### 4.4 Simulasi Penggunaan Filter Hybrid

#### 4.4.1 Perancangan Filter Aktif untuk Meredam Distorsi Harmonisa

Filter yang akan digunakan untuk meredam distorsi harmonisa adalah filter aktif type high-pass (*damped*). Perancangan filter aktif high-pass bertujuan untuk meredam distorsi harmonisa yang timbul akibat adanya beban non linier, kemudian selain itu dapat memperbaiki faktor daya karena adanya komponen kapasitor dalam filter. Perhitungan akan dilakukan pada MDP yang memiliki distorsi harmonisa arus terbesar yaitu sebesar 25,17%. Terlebih dahulu harus menentukan orde harmonisa yang akan dieliminasi yaitu terletak pada orde ke 5 karena pada orde tersebut terdapat distorsi terbesar.

$$\begin{aligned} P &= 190672,5 \text{ Watt} = 190,672 \text{ kW} \\ \theta_1 &= \text{Arc cos } 0,85 = 31,78^\circ \\ \theta_2 &= \text{Arc cos } 0,98 = 11,47^\circ \\ \theta_c &= P (\tan \theta_1 - \theta_2) \\ \theta_c &= 190672,5 (\tan 31,78^\circ - \tan 11,47^\circ) \\ \theta_c &= 80,80 \text{ kVar} \end{aligned}$$

Rating kapasitor (dalam Farad) komponen filter adalah, menggunakan perhitungan dibawah ini :

$$Q_c = \frac{Q_c}{w \cdot v^2} = \frac{80,08}{(314,16)(0,4)^2} = \frac{80,08}{50,26} = 1,59 \text{ F}$$

$$X_c = \frac{v^2}{Q_c} = \frac{0,4^2}{1,59} = 0,1 \Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_c} = \frac{1}{(2 \times 3,14)(50)(0,1)} = 0,0003 \text{ F}$$

Frekuensi *Tuning* = 250 Hz (orde 5)

Maka, komponen reaktor filter menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$L = \frac{1}{(c)(2\pi f xc)^2} = \frac{1}{(0,0003)(2 \times 3,14 \times 50 \times 5)^2}$$

$$L = \frac{1}{739,47} = 0,0013 \text{ mH}$$

$$X_L = 2\pi f L = \frac{1}{(2)(3,14)(50)(1,3)} = 0,024 \Omega$$

dan komponen resistansi filternya adalah ,menggunakan perhitungan dibawah ini :

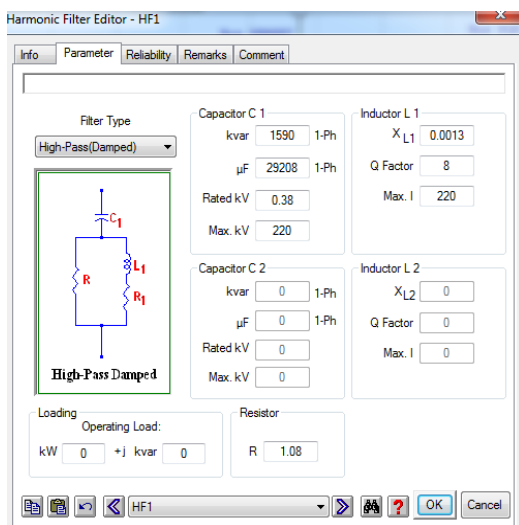
$$Q = \frac{R}{X_L}$$

$$R = Q X_L$$

$$= (45) \cdot (0,024)$$

$$= 1,08 \Omega$$

C adalah kapasitor      C = 1590 mF  
 L adalah induktor      L = 0.0013 mH  
 R adalah resistor      R = 1,08 Ω



Gambar 7. Spesifikasi Filter Aktif

Diketahui nilai kapasitor seperti yang didapat dalam perhitungan nilai *kVar* dari kapasitor dimasukkan dalam simulasi yaitu 159 dan rate *kV* yaitu 0.38. Demikian juga nilai  $X_L$  dari induktor dan nilai *Q* faktornya yaitu 0.024 dan 45. Serta nilai resistor filter yaitu 1,08 Ω.

#### 4.4.2 Perancangan Filter Pasif untuk Meredam Distorsi Harmonisa

Berikut adalah perhitungan filter pasif harmonic, *single tune* orde ke-5

Tegangan line-netral.

$$VLn = \frac{400}{\sqrt{3}} = 0,23 \text{ kV}$$

Frekuensi sudut,

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 (3,14) \cdot 50 = 314,16$$

$$Q = 45$$

$$Qc = 43,28 \text{ kVar}$$

Rating kapasitor (dalam Farad) komponen filter adalah

$$C = \frac{Q}{\omega \cdot v^2} = \frac{80,08}{(314,16) \cdot (0,23)^2} = \frac{80,08}{16,62} = 4,82 \text{ F}$$

Frekuensi *Tuning* = 250 Hz (orde 5)

Maka, komponen reaktor filter

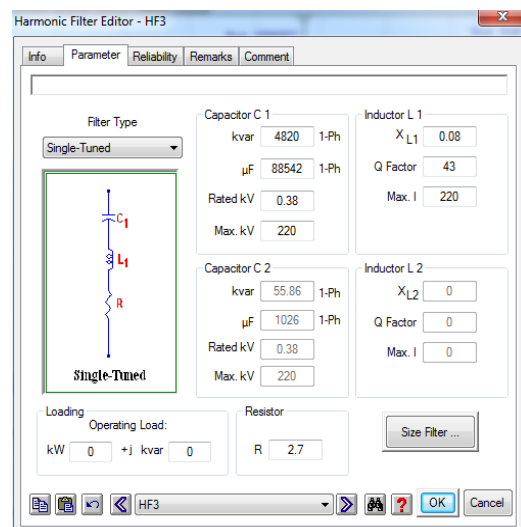
$$L = \frac{1}{(L) \cdot (\omega \cdot n)} = \frac{1}{(4,82)(314 \times 5)^2} = \frac{1}{11892928,92} = 0,08 \text{ mH}$$

$$X_L = \omega \cdot L = (314) \cdot (0,00008) = 0,025 \Omega$$

$$Q = \frac{n \cdot X_L}{R}$$

$$R = \frac{n \cdot X_L}{Q} = \frac{(5) \cdot (0,025)}{45} = 2,7 \Omega$$

C adalah kapasitor      C = 4820 mF  
 L adalah induktor      L = 0,08 mH  
 R adalah resistor      R = 2,7 Ω



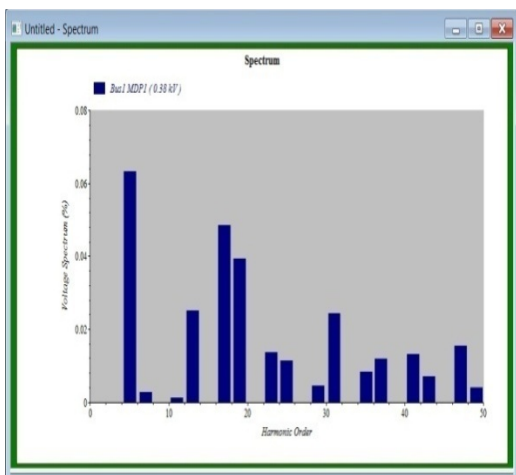
Gambar 8. Spesifikasi Filter Pasif

Diketahui nilai kapasitor seperti yang didapat dalam perhitungan nilai *kVar* dari kapasitor dimasukkan dalam simulasi yaitu 4820 dan rate *kV* yaitu 0.38. Demikian juga nilai  $X_L$  dari induktor dan nilai *Q* faktornya yaitu 0.08 dan 45. Serta nilai resistor filter yaitu 2,7 Ω .

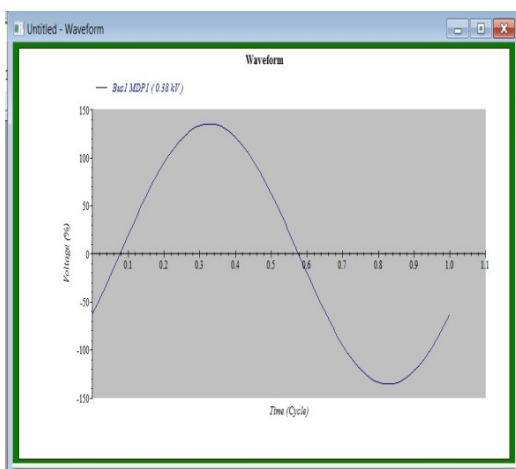


### 4.5 Hasil Simulasi dengan Menggunakan Filter Hybrid

Dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10 bahwa cacat terhadap bentuk grafik dan gelombang tegangan yang diakibatkan adanya beban non linier pada sistem kelistrikan tersebut sudah bisa diredam dan lebih stabil oleh adanya pemasangan filter hybrid.



Gambar 9. Running Spektrum Setelah Pemasangan Filter Hybrid Pada Sistem



Gambar 10. Running Gelombang Setelah Pemasangan Filter Hybrid pada Sistem

### 4.6 Analisis Penurunan THD<sub>i</sub> dan THD<sub>v</sub> Menggunakan Filter Hybrid Pada Blue Point Villa & Spa

#### 4.6.1 Penurunan THD<sub>i</sub> Menggunakan Filter Hybrid Pada Blue Point Villa & Spa

Table. 2 menunjukkan nilai THD<sub>i</sub> hasil running dengan menggunakan filter hybrid sudah memenuhi standar IEEE 519-1992, yaitu seluruh SDP memiliki persentase THD<sub>i</sub> dibawah 8%

Tabel 2. Perbandingan THD<sub>i</sub> Antara Sebelum dan Sesudah Pemasangan Filter Hybrid

No.	Tempat	Hasil Roring		Keterangan	standar IEEE 519-1992	Kompensasi penurunan filter hybrid
		Sebelum	Sesudah			
1	SDP 1.1	8,94%	6,42%	I<8,0 %	Sudah Memenuhi Standar	2,52%
2	SDP 1.2	8,94%	6,41%	I<8,0 %	Sudah Memenuhi Standar	2,53%
3	SDP 1.3	8,94%	6,42%	I<8,0 %	Sudah Memenuhi Standar	2,52%
4	SDP 1.4	8,93%	6,41%	I<8,0 %	Sudah Memenuhi Standar	2,52%
5	SDP 1.5	19,48%	6,42%	I<8,0 %	Sudah Memenuhi Standar	2,52%
6	SDP 2.1	8,81%	7,38%	I<8,0 %	Sudah Memenuhi Standar	1,43%
7	SDP 2.2	8,82%	7,38%	I<8,0 %	Sudah Memenuhi Standar	1,44%
8	SDP 2.3	8,83%	7,38%	I<8,0 %	Sudah Memenuhi Standar	1,55%

#### 4.6.2 Penurunan THD<sub>v</sub> dengan Menggunakan Filter Hybrid Pada Blue Point Villa & Spa

Table 3 menunjukkan nilai THD<sub>v</sub> hasil running dengan menggunakan filter hybrid sudah memenuhi standar IEEE 519-1992 yaitu seluruh SDP memiliki persentase THD<sub>v</sub> dibawah 5%.

Tabel 3. Perbandingan THD<sub>v</sub> Antara Sebelum dan Sesudah Pemasangan Filter Hybrid

No.	Tempat	Hasil Roring		Keterangan	standar IEEE 519-1992	Kompensasi penurunan filter hybrid
		Sebelum	Sesudah			
1	SDP 1.1	2,82%	0,13%	V<5,0 %	Sudah Memenuhi Standar	2,69%
2	SDP 1.2	2,77%	0,09%	V<5,0 %	Sudah Memenuhi Standar	2,68%
3	SDP 1.3	2,83%	0,13%	V<5,0 %	Sudah Memenuhi Standar	2,7%
4	SDP 1.4	2,72%	0,07%	V<5,0 %	Sudah Memenuhi Standar	2,65%
5	SDP 1.5	2,71%	0,13%	V<5,0 %	Sudah Memenuhi Standar	2,58%
6	SDP 2.1	1,40%	0,13%	V<5,0 %	Sudah Memenuhi Standar	1,27%
7	SDP 2.2	1,42%	0,13%	V<5,0 %	Sudah Memenuhi Standar	1,27%
8	SDP 2.3	1,40%	0,13%	V<5,0 %	Sudah Memenuhi Standar	1,27%

## 5. SIMPULAN

Kandungan THD<sub>i</sub> di Blue Point Bay Villa & Spa sebelum menggunakan filter Hybrid sebesar 25,17% yang berarti tidak sesuai standar IEEE 519-1992 yang telah ditentukan yaitu sebesar ≤ 8%. Nilai THD<sub>v</sub> di Blue Point Bay Villa & Spa sebesar 0,13 % dimana kondisi tersebut masih memenuhi standar maksimum THD<sub>v</sub> IEEE 519-1992 sebesar ≤ 5% untuk tegangan ≤ 69 kV. Kandungan THD<sub>i</sub> di Blue Point Bay Villa & Spa setelah penggunaan filter Hybrid memenuhi Standar IEEE 519-1992 yang telah ditentukan yaitu sebesar ≤ 8%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dugan R.C; McGranaghan, M.F; Santoso; Beaty, H.W.2003. *Electrical Power System Quality – Second Edition*. USA : McGraw-Hill.
- [2] Dugan, R.C; Rizy.2001. **Harmonic Considerations for Electrical Distribution Feeders**. National Technical Information service, Report No. ORNL/Sub/81-95011/4.
- [3] Mielczarski, W.1997. **Quality of Electricity Supply and Management of Network Losses**. Melbourne : Puma Press Publishing and Printing.
- [4] Suryajaya, a. 2011. Pengaruh total harmonic distortion (thd) pada suatu sistem. Semarang ; program studi teknik elektro jurusan teknologi industri universitas katolik soegijapranata.
- [5] Septiawan, h. 2012. **Penggunaan filter hibrid konfigurasi seri untuk memperbaiki kinerja filter pasif dalam upaya peningkatan pereduksian harmonisa pada sistem kelistrikan di rsup sanglah**. Jimbaran :FT Elektro (UNUD)
- [6] Suwardana, i.k. 2013. “**simulasi penentuan penempatan filter aktif shunt untuk mendapatkan distorsi daya yang terkecil di blue point bay villa & spa**” (*tugas akhir*). Denpasar : Universitas Udayana.
- [7] Alit Angga; Rinas; Antonius IBW, 2016. **Analisa Pengaruh Pengoperasian Beban-beban Nonlinier Terhadap Distorsi harmonisa pada Blue Point Bay Villa & Spa**. Bukit-Jimbaran Badung : Teknik Elektro Universitas Udayana.