

## SIMULASI PENENTUAN PENEMPATAN FILTER AKTIF SHUNT UNTUK MENDAPATKAN DISTORSI DAYA YANG TERKECIL di BLUE POINT BAY VILLA & SPA

A.I. Weking\*, I W. Rinas, A. K. Suwardana

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Udayana  
Kampus Bukit Jimbaran, Bali, 80361

\*Email : [tony@unud.ac.id](mailto:tony@unud.ac.id)

### Abstrak

Pengoperasian beban-beban nonlinear dapat menimbulkan distorsi harmonisa dalam bentuk gelombang tegangan dan arus yang mengakibatkan kondisi sistem kelistrikan tidak normal. Blue Point Bay Villa & Spa memiliki kandungan harmonisa yang tidak sesuai dengan standar IEEE 519-1992. Kandungan THD (*Total Harmonics Distortion*) arus yang berlebih dapat menyebabkan kualitas daya sistem menjadi lebih buruk, sehingga menyebabkan faktor daya sistem menjadi lebih rendah. Filter aktif shunt berbasis *inverter* yang bertujuan untuk meredam harmonisa yang muncul. Dalam penelitian ini dilakukan simulasi penggunaan filter aktif menggunakan software simulink MATLAB, pengelompokan jenis beban nonlinear, perhitungan daya aktif (P) dan arus beban (IL), simulasi pada sistem sebelum dan sesudah penggunaan filter aktif, analisis daya distorsi (D), analisis THD hasil simulasi sesuai dengan IEEE 519-1992 yang ditentukan dan analisis penempatan filter aktif shunt yang tepat untuk menekan distorsi daya. Hasil analisis menunjukkan pemasangan filter aktif menyebabkan kandungan THD arus dan tegangan telah sesuai dengan IEEE 519-1992 yang ditentukan. Daya distorsi harmonisa pada sistem mengalami penurunan dan terjadi peningkatan faktor daya mendekati *unity power factor* pada feeder. Penempatan filter aktif shunt yang baik untuk menurunkan THD dan distorsi daya yaitu pada SDP 2 MDP 2 yaitu 7.551,23 VA.

**Kata kunci :** Harmonisa, inverter, dan filter aktif

### 1. PENDAHULUAN

Harmonisa merupakan suatu fenomena yang timbul akibat pengoperasian beban listrik non linier. Adapun beberapa solusi yang dapat dilakukan untuk mengurangi pengaruh harmonisa pada sistem distribusi yaitu dengan memperbesar ukuran kawat netral, dan memanfaatkan filter harmonisa.

Blue Point Bay Villa & Spa Hotel yang terletak di jalan Uluwatu Jimbaran-Bali, merupakan hotel bintang 3 di Jimbaran. Penggunaan peralatan elektronika daya seperti AC (*Air Conditioner*), TV, lampu *daylight* PLC, dan lain sebagainya diklasifikasikan sebagai beban nonlinier. Penggunaan beban-beban nonlinier dapat membangkitkan harmonisa pada *utility* listrik tersebut. Berdasarkan pengukuran awal didapatkan hasil simulasi nilai THD arus di Blue Point Bay Villa & Spa sebesar 25,17 % yang berarti melebihi nilai standar IEEE 159 yang telah ditentukan yaitu sebesar 15,0%. Untuk nilai THD tegangan pada tempat yang sama sebesar 4,83 %, dimana kondisi tersebut masih memenuhi standar maksimum THD tegangan sebesar 5% untuk tegangan 69 kV.

Tingginya tingkat harmonisa di Villa Blue Point menyebabkan beberapa masalah pada sistem kelistrikan di villa tersebut, seperti kualitas daya sistem menjadi lebih buruk, sehingga faktor daya sistem menjadi lebih rendah. Dalam penelitian ini solusi yang digunakan untuk mengatasi masalah

harmonisa adalah dengan penggunaan filter harmonisa.

Berdasarkan masalah tersebut di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan simulasi pemilihan penempatan filter aktif *shunt* untuk mendapatkan nilai THD arus dan THD tegangan terkecil pada sistem di Villa Blue Point dengan menggunakan program MATLAB, sehingga distorsi daya dapat ditekan seminimal mungkin dengan jumlah filter yang sama.

### 2. KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Harmonisa

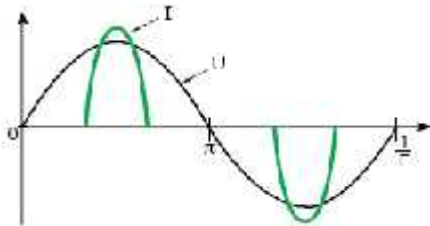
Berdasarkan *Standart IEC (International Electrotechnical Commission) 1000.4-11*, gangguan harmonisa tergolong kedalam Distorsi Bentuk Gelombang (Dugan, dkk, 1996). Pada fenomena ini terjadi perubahan bentuk gelombang dari gelombang dasarnya. Harmonisa adalah gelombang tegangan atau arus sinusoidal yang memiliki frekuensi yang merupakan hasil kali integer dari frekuensi dasar dimana suplai sistem dirancang untuk beroperasi (biasanya 50 atau 60 Hz). Pada dasarnya, harmonisa adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Hal ini disebut frekuensi harmonisa yang timbul pada bentuk gelombang aslinya sedangkan bilangan bulat pengali frekuensi dasar disebut angka urutan harmonisa. Harmonisa yang ditimbulkan oleh peralatan yang

digunakan menyebabkan perubahan pada bentuk gelombang.

Harmonisa disebabkan oleh adanya beban nonlinier yang digunakan dalam sistem tenaga listrik. Peralatan seperti converter, penyearah, *adjustable speed drive* untuk mengendalikan motor-motor industri, *thyristor controlled reactor*, serta berbagai peralatan yang didasarkan pada proses pensaklaran dapat menimbulkan terjadinya harmonisa. Sedangkan untuk beban, yang dapat menimbulkan harmonisa antara lain *electric arc furnace*, *induction furnace*, serta mesin las, dimana beban tersebut berubah-ubah dari waktu ke waktu dengan cepat secara nonlinier.

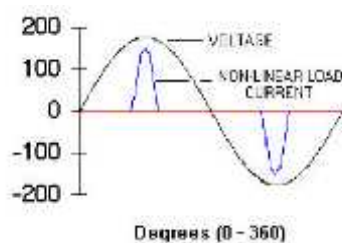
**2.2 Beban Non Linier**

Beban yang komponen arusnya 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 1 di bawah ini [4]



**Gambar 1. Arus yang diserap oleh beban nonlinier**

Contoh beban nonlinier antara lain penyearah (*power supply*, UPS, komputer, pengaturan kecepatan motor, lampu-lampu pelepasan), alat-alat ferromagnetik, motor DC, dan tungku busur api, serta lainnya. [4]



**Gambar 2. Bentuk gelombang arus dan tegangan pada beban nonlinier**

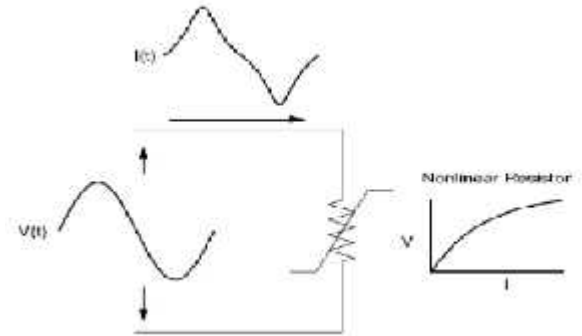
Sebagian besar beban nonlinier yang digolongkan *deforming loads* adalah konverter statis. Beban ini dapat berdaya besar dengan jumlah yang sedikit atau berdaya rendah dengan jumlah yang banyak. Contoh beban ini antara lain [4]:

- Lampu noen / TL (*fluorescent lamps*)
- *Light dimmers*
- Komputer

- Peralatan listrik rumah tangga seperti TV, *microwave*, radio, dan piringan induksi (*induction plates*).

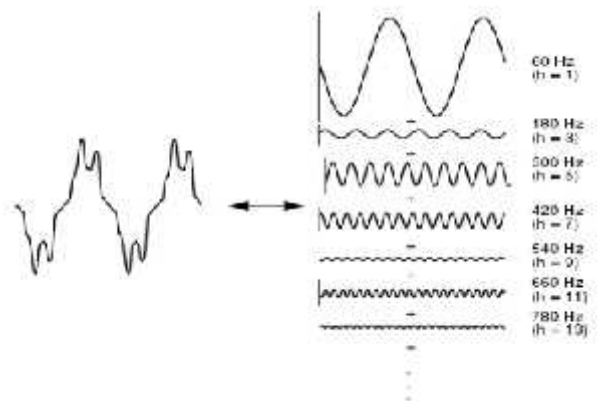
**2.3 Total Harmonic Distortion (THD)**

Distorsi harmonisa disebabkan oleh peralatan nonlinier dalam suatu sistem tenaga listrik. Sebuah peralatan dikategorikan non linier apabila peralatan tersebut mempunyai *output* yang nilainya tidak sebanding dengan tegangan yang diberikan [3].



**Gambar 3. Beban non linier**

Gambar 3 mengilustrasikan konsep ini dengan kasus tegangan masukan sinusoidal diberikan pada resistor nonlinier, di mana tegangan dan arus bervariasi sesuai dengan kurva ditampilkan. Sementara tegangan masukan berupa sinusoidal sempurna, namun arus yang dihasilkan berupa gelombang terdistorsi. Peningkatan tegangan walaupun hanya beberapa persen dapat menyebabkan penggandaan arus dan akan menghasilkan bentuk gelombang yang berbeda. Hal ini merupakan sumber distorsi harmonisa dalam sistem tenaga listrik [3].



**Gambar 4. Gelombang Terdistorsi**

Gambar 4 memperlihatkan bahwa setiap periodik, bentuk gelombang terdistorsi adalah penjumlahan dari beberapa gelombang sinusoidal dengan variasi frekuensi yang berbeda. Gelombang sinusoidal yang mempunyai frekuensi berbeda tersebut merupakan hasil kelipatan bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Jumlah dari gelombang sinusoidal ini disebut sebagai deret *Fourier*, di mana *Fourier* merupakan nama matematikawan besar yang berhasil menemukan suatu konsep konsep yang

dapat menjelaskan tentang gelombang terdistorsi tersebut.

Nilai Distorsi Harmonisa Total (THD) dari suatu gelombang dapat dihitung dengan formula :

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} M_h^2}}{M_1} \dots\dots\dots (1)$$

Di mana  $M_h$  adalah nilai rms komponen harmonisa  $h$  dari kuantitas  $M$ . Kuantitas  $M$  dapat berupa besaran tegangan  $V$  maupun besaran arus  $I$ , sehingga  $THD_v$  nilai distorsi harmonisa total tegangan dan  $THD_I$  distorsi harmonisa total arus listrik, dimana :

$$THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} V_h^2}}{V_1} \dots\dots\dots (2)$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} I_h^2}}{I_1} \dots\dots\dots (3)$$

Nilai rms dari total bentuk gelombang bukanlah penjumlahan dari setiap komponen harmonisa, tetapi akar kuadrat dari penjumlahan kuadratnya. Hubungan THD dengan nilai rms dari gelombang adalah:

$$rms = \sqrt{\sum_{h=1}^{h_{max}} M_h^2} = M_1 + \sqrt{1 + THD^2} \dots\dots\dots (4)$$

Tegangan harmonisa selalu dijadikan suatu pedoman untuk nilai dasar dari bentuk gelombang sesaat. Karena tegangan mempunyai persentase perbedaan yang kecil, di mana THD tegangan adalah pendekatan dari jumlah yang sebenarnya. Hal ini tidak berlaku untuk arus listrik, karena sebuah arus yang mempunyai nilai kecil dapat menghasilkan THD yang tinggi, sehingga tidak dapat digunakan untuk menggambarkan keadaan suatu sistem<sup>[3]</sup>.

**2.3.1 Standar harmonisa arus dan harmonisa tegangan (IEEE standard 519-1992)**

**A. Batas distorsi tegangan harmonik utiliti**

Tabel 1 dari IEEE standard 519-1992, menyarankan nilai-nilai berikut sebagai batas maksimum yang direkomendasikan untuk ditorsi tegangan.

**Tabel 1: IEEE standard 519-1992, standar batas distorsi tegangan harmonic maksimum<sup>(2)</sup>**

Voltage at PCC	Individual Component Voltage distortion	Total Voltage Distortion (THDf)
V 69 KV	3.00%	5.00%
69 KV 161KV	1.50%	2.50%
V 161 KV	1.00%	1.50%

Nilai-nilai ini hanya berlaku untuk skenario kasus yang terburuk yang digunakan untuk kondisi operasi dengan waktu sedikitnya satu jam. Untuk kondisi-kondisi yang sesaat seperti starting beban, switching, dan keadaan *non steady-state* lainnya, batas-batas ini mungkin bisa melewati sampai 50%.

**B. Batas distorsi arus harmonik utiliti**

Menurut IEEE Standard 519 - 1992, untuk menentukan standar batas maksimum THD<sub>i</sub> pada *utility*, maka harus diketahui terlebih dahulu rasio hubung singkat (*short-circuit ratio*). Seperti dalam tabel 2.

**Tabel 2: IEEE Standart 519-1992, standar batas distorsi arus harmonik maksimum<sup>(2)</sup>**

MAXIMUM HARMONIC CURRENT DISTORTION IN % OF FUNDAMENTAL						
Is/IL	Harmonic order (Odd Harmonic)					THD (%)
	< 11	11 h 17	17 h 23	23 h 25	35 h	
<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

Even harmonic are limited to 25 % of the odd harmonics above

\* All power generation equipment is limited to these values of current distortion regardless of actual Isc/IL

Where Isc= Maximum short circuit current at PCC  
And IL=Maximum Load current (fundamental frequency) at PCC

For PCC's from 69 to 138 kV, the limits are 50 % of the limits above.  
A case-y-case evaluation is requaried

SC<sub>ratio</sub> dapat dicari dengan menggunakan rumus 5 dibawah:

$$SC_{ratio} = \frac{I_{sc}}{I_L} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana, Isc (Arus hubung singkat) dapat dicari dengan rumus:

$$I_{sc} = \frac{KVA \times 100}{\sqrt{3} \times KV \times Z (\%)} \dots\dots\dots (6)$$

Sedangkan I<sub>L</sub> (Arus beban maksimum) dapat dicari dengan rumus:

$$I_L = \frac{KW}{PF \cdot \sqrt{3} \cdot KV} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

- I<sub>SC</sub> = Arus hubung singkat maksimum pada PCC
- I<sub>L</sub> = Arus beban maksimum
- KW = Total daya aktif

**2.4 Konsep Daya**

Dalam konsep daya persamaan daya aktif dapat dinyatakan sebagai :

$$P_{total} = \sum_{h=1}^{\infty} a_h b_h \cos(w_h - \theta_h) \dots\dots\dots (8)$$

Bila daya reaktif diturunkan dengan cara yang sama sebagaimana mendapatkan daya aktif P, maka didapat :

$$Q_{total} = \sum_{h=1}^{\infty} a_h b_h \sin(w_h - \theta_h) \dots\dots\dots (9)$$

Definisi daya reaktif pada persamaan (9) di atas belum disepakati secara bulat oleh para insinyur listrik. Salah satunya dikarenakan apabila kita terapkan persamaan "standar" untuk daya tampak (*apparent power*) ;

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots (10)$$

Dimana :

- S = Daya Semu (VA)
- P = Daya Aktif (Watt)
- Q = Daya Reaktif (Var)

Untuk itu, diintrodusir satu besaran lain, yaitu *daya distorsi* D, yang dinyatakan sebagai :

$$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} \dots\dots\dots (11)$$

Dari ulasan singkat di atas, tampak bahwa definisi daya, khususnya daya reaktif yang normal harus ditinjau ulang akibat kehadiran harmonisa. Nilai dari *daya distorsi* juga dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$D = V_{rms} \times \sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2} \dots\dots\dots (12)$$

**2.5 Pemanfaatan Filter Harmonisa**

Filter harmonisa merupakan suatu alat proteksi yang digunakan untuk mengurangi pengaruh harmonik dan untuk instalasi konsumen yang memerlukan kualitas listrik yang baik dan handal. Filter harmonisa biasanya dipasang pada transformator distribusi atau panel kontrol utama. Secara umum filter harmonisa ada 3 tipe, yaitu filter aktif, filter pasif dan filter *hybrid*.

**2.5.1 Filter aktif shunt**

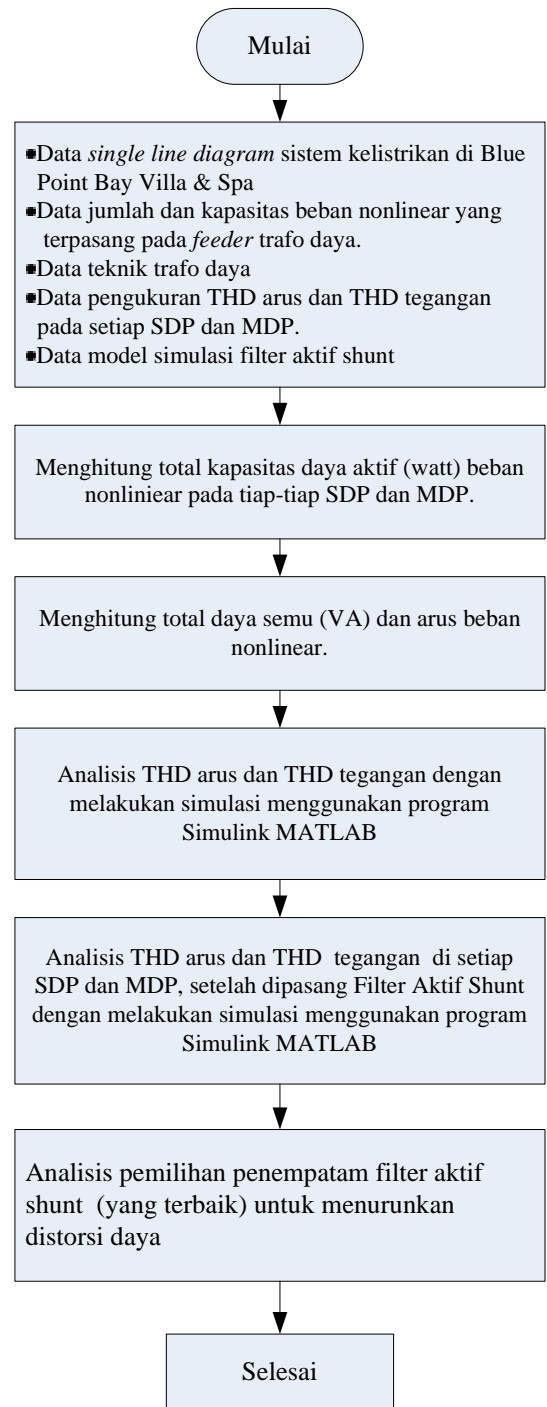
Filter aktif yang digunakan filter *hybrid shunt* dengan PWM (*pulse Width Modulation*) konvensional berbasis inverter yaitu penggunaan arus harmonisa untuk menanggulangi arus harmonisa dari beban nonlinear yang ada pada sistem tenaga listrik. Filter aktif jenis ini menggunakan *power electronic switching* untuk menghasilkan arus harmonisa untuk diinjeksikan ke sistem.

Penggunaan VSI (*Voltage Source Inverter*) untuk memungkinkan pengaturan arus harmonisa pada filter aktif. *Inverter* ini menggunakan kapasitor dc sebagai *supply* dan dapat melakukan proses *switching* pada frekuensi yang tinggi untuk menghasilkan sinyal yang mampu mengatasi arus harmonisa yang dihasilkan beban nonlinear. *Inverter* yang digunakan merupakan *inverter* jenis bipolar. Mode operasi dari penggunaan PWM-VSI sering disebut dengan *Current Injection Type APF*.

Arus yang dihasilkan akan diterima oleh VSI dan kemudian mengontrol proses *switching* dari *power electronics switching*. Bentuk gelombang arus dikontrol dan dibatasi melalui frekuensi *switching*. Selain itu terdapat pengontrol tegangan (*DC voltage control loop*) yang berfungsi untuk mengontrol arus yang dibangkitkan oleh kapasitor dc. Ketika arus yang ada pada *inverter* kecil maka pengontrol tegangan akan membangkitkan arus pada kapasitor dc. <sup>(1)</sup>

**3 METODOLOGI PENELITIAN**

Analisis dalam paper ini dilakukan dalam beberapa tahapan yang dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 5.



**Gambar 5. Alur Analisis**

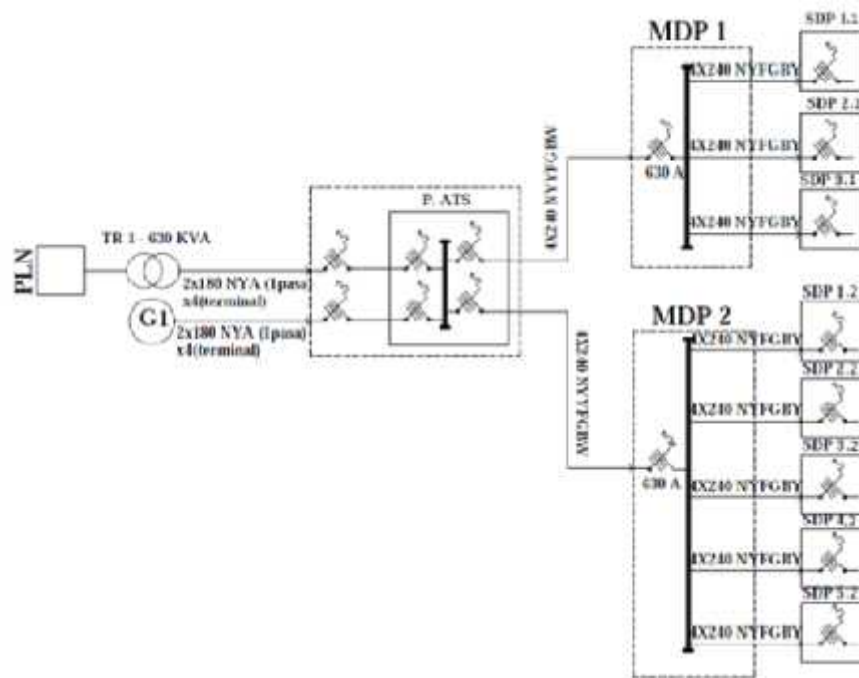
Sedangkan Gambar 6 merupakan *single line diagram* sistem kelistrikan Blue Point Bay Villa & Spa.

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

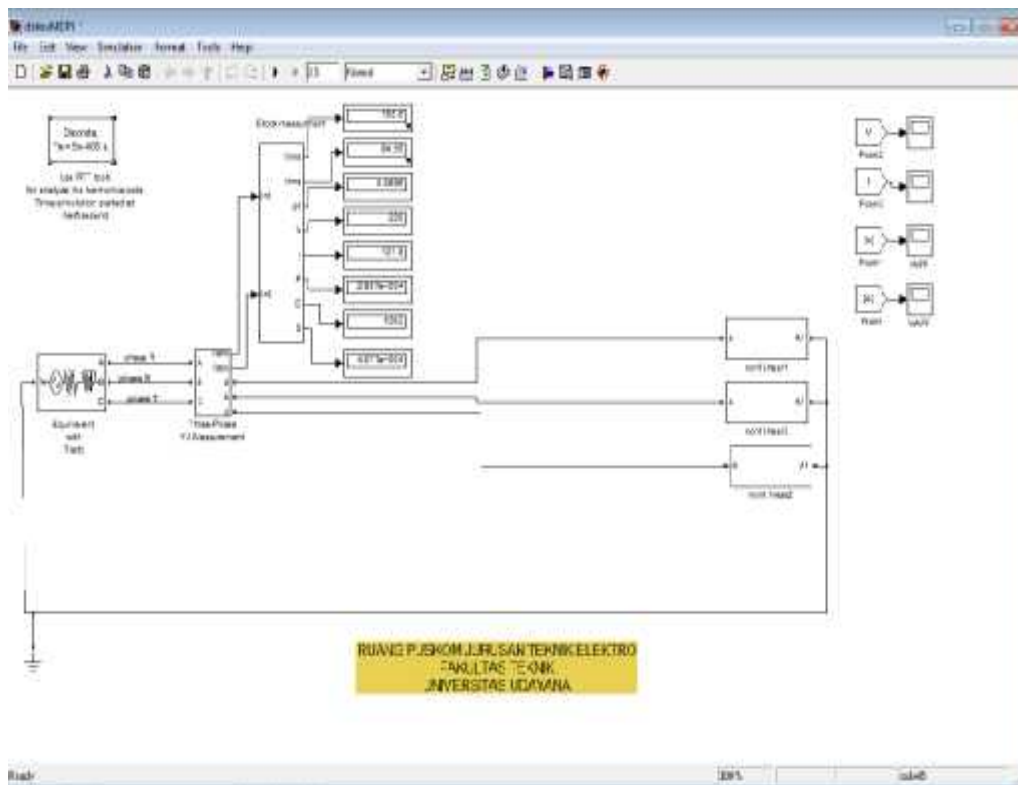
**4.1 Studi Analisis Total Harmonic Distortion (THD) dengan Simulasi Matlab**

**4.1.1 Analisis THD<sub>i</sub> dan THD<sub>v</sub> pada Setiap MDP dan SDP**

Simulasi yang dilakukan dengan menggunakan model sistem seperti gambar 7.



Gambar 6. Single Line Diagram

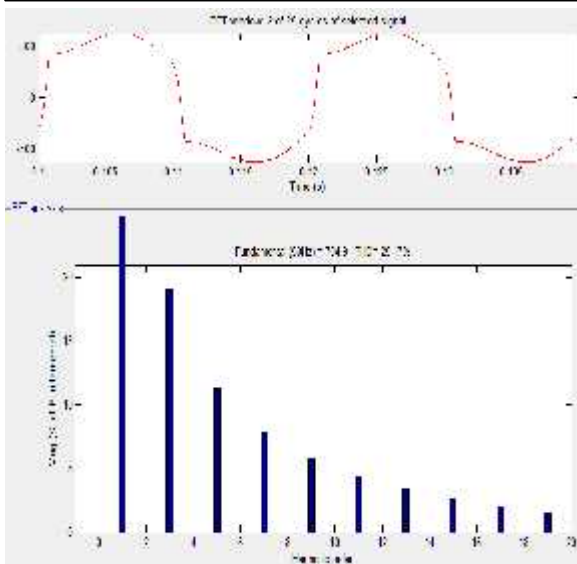


Gambar 7. Model Simulasi

4.1.1.1 Hasil Simulasi THD<sub>i</sub>

Dengan bantuan FFT *Tools* hasil simulasi berupa gelombang arus akan dianalisis untuk mengetahui kandungan THD pada sinyal-sinyal tersebut. Adapun hasil simulasi dari pemodelan yang

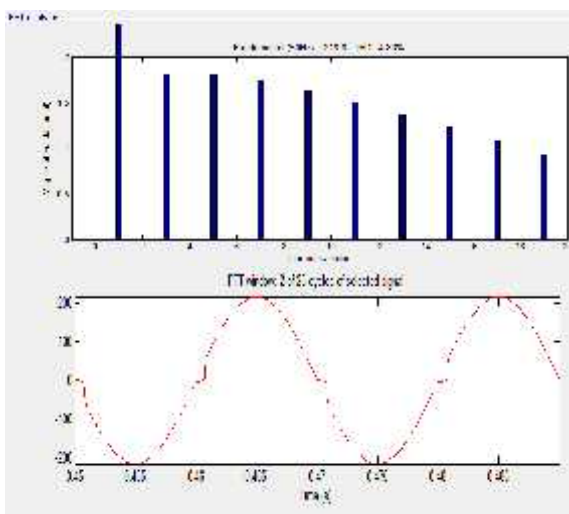
dilakukan terhadap kandungan THD<sub>i</sub> pada sistem terlihat pada gambar 8.



Gambar 8. Sinyal arus dan spektrum harmonisa pada sistem

4.1.1.2 Hasil Simulasi THD<sub>v</sub>

Dengan bantuan FFT Tools hasil simulasi berupa sinyal tegangan akan dianalisis untuk mengetahui kandungan THD pada sinyal-sinyal tersebut. Adapun hasil simulasi dari pemodelan yang dilakukan terhadap kandungan THD tegangan pada sistem seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Sinyal tegangan dan spektrum harmonisa pada sistem

Parameter hasil simulasi tersebut antara lain:

- V fundamental = 216,6 Volt
- I fundamental = 704,9 Ampere
- THD Arus = 25,17 %
- THD Tegangan = 4,83 %
- Vrms = 153,4 Volt
- Irms = 514 Ampere

Dengan cara yang sama seperti di atas dapat dilihat hasilnya untuk MDP dan SDP yang lainnya, pada tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3: Hasil Simulasi Matlab

MDP	SDP	Vrms	Irms (Am-pere)	V (Volt)	I (Am-pere)	THD <sub>i</sub> (%)	THD <sub>v</sub> (%)
1		155,5	121,1	219,9	168,7	17,21	0,82
1	1	155,6	78,24	220	108,9	18,98	0,33
1	2	155,6	78,24	220	108,9	18,98	0,33
1	3	155,6	78,24	220	108,9	18,98	0,33
2		155,5	132,2	219,9	183,3	20,13	1,12
2	1	155,6	75,54	220	106,8	19,21	0,33
2	2	155,5	62,81	219,9	87,09	20,08	0,29
2	3	155,6	79,94	220	111,3	18,53	0,34
2	4	155,5	63,49	219,9	88,03	18,78	0,25
2	5	155,5	63,26	219,9	87,72	18,68	0,25

4.2 Hasil Simulasi dan Pengukuran Kandungan THD<sub>i</sub> dan THD<sub>v</sub>

4.2.1 Kandungan THD<sub>i</sub> menurut standar IEEE 519-1992

Berdasarkan hasil short-circuit ratio yang didapatkan, sesuai dengan IEEE Standard 519–1992. Berikut merupakan hasil simulasi dan pengukuran kandungan THD<sub>i</sub> di Blue Point Bay Villa & Spa:

Tabel 4: Hasil simulasi dan pengukuran kandungan THD<sub>i</sub>

MDP	Tempat	Pengukuran THD (%)	Simulasi THD (%)	Standar IEEE 519-1992 THD (%)	Ket
1	MDP 1	17,31	17,21	15,0	Tdk Sesuai
	SDP1	19,96	18,98	15,0	Tdk Sesuai
	SDP2	21,17	18,98	15,0	Tdk Sesuai
	SDP3	19,92	18,98	15,0	Tdk Sesuai
2	MDP 2	17,96	20,13	15,0	Tdk Sesuai
	SDP1	20,59	19,21	15,0	Tdk Sesuai
	SDP2	17,92	20,08	15,0	Tdk Sesuai
	SDP3	20,35	18,53	15,0	Tdk Sesuai
	SDP4	19,25	18,78	15,0	Tdk Sesuai
	SDP5	19,5	18,68	15,0	Tdk Sesuai

Dari tabel 4 di atas dapat dilihat bahwa pada semua MDP dan SDP, THD<sub>i</sub> hasil pengukuran dan simulasi tidak sesuai dengan standar yang diperbolehkan.

4.2.2 Kandungan THD<sub>v</sub> menurut standar IEEE 519-1992

Batas maksimum THD<sub>v</sub> yang diperbolehkan di Blue Point Bay Villa & Spa menurut IEEE standard 519 – 1992 adalah 5.0 %, karena tegangan di Blue Point Bay Villa & Spa dibawah 69KV.

Berikut merupakan hasil simulasi dan pengukuran kandungan THD<sub>v</sub> di Blue Point Bay Villa & Spa menurut standar IEEE 519-1992:

**Tabel 5: Hasil simulasi dan pengukuran kandungan THD<sub>v</sub>**

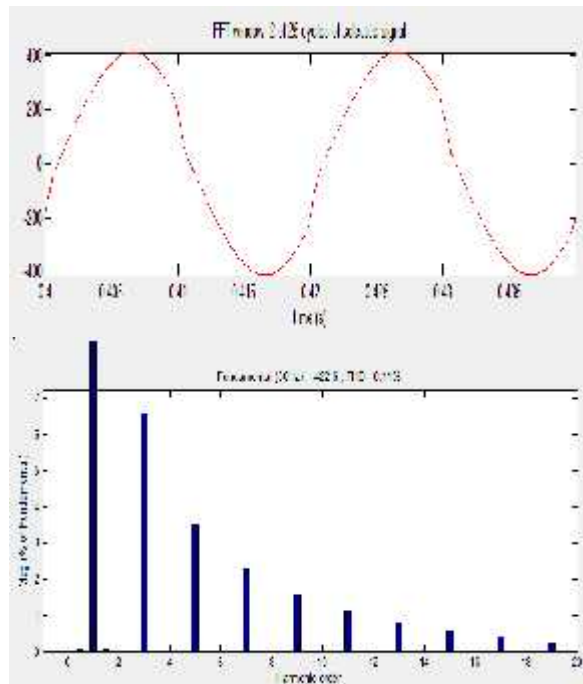
MDP	Tempat	Pengukuran THD (%)	Simulasi THD (%)	Standar IEEE 519-1992 THD (%)	Ket
1	MDP 1	2,5	0,82	5	Sesuai
	SDP1	2,28	0,33	5	Sesuai
	SDP2	2,1	0,33	5	Sesuai
	SDP3	1,83	0,33	5	Sesuai
2	MDP 2	2,0	1,12	5	Sesuai
	SDP1	3,9	0,33	5	Sesuai
	SDP2	2,23	0,29	5	Sesuai
	SDP3	4,47	0,34	5	Sesuai
	SDP4	2,23	0,25	5	Sesuai
	SDP5	2,6	0,25	5	Sesuai

Dari tabel 5 di atas dapat dilihat bahwa pada semua MDP dan SDP, THD<sub>v</sub> hasil pengukuran maupun simulasi masih dapat diterima / sesuai dengan standar yang diperbolehkan.

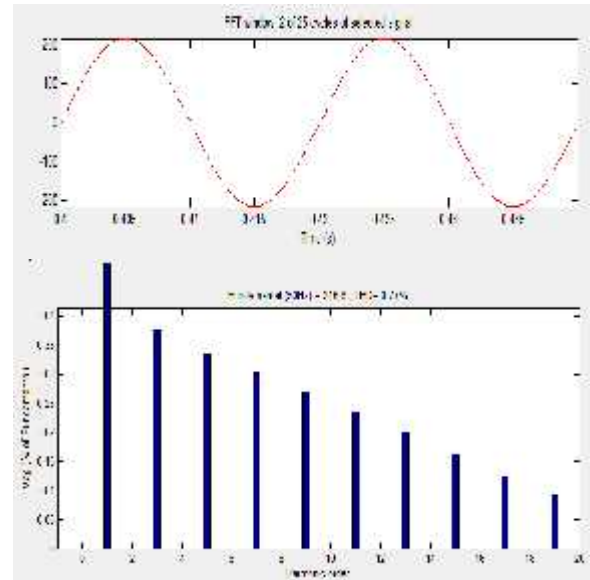
**4.3 Penggunaan Filter Aktif Untuk Menanggulangi THD pada Setiap SDP dan MDP**

Daya semu (Sn) yang terukur pada hasil simulasi di MDP 1 sebesar 56.470 VA, dan tegangan antar fasa (Vs) sebesar 400 V, frekuensi sistem 50 Hz. Bus kapasitor dc sebagai sumber tegangan pada filter aktif memiliki nilai kapasitansi (Cdc) dan rating tegangan bus kapasitor (Vn) dimana nilai tersebut diperoleh.

Hasil simulasi penggunaan filter aktif di MDP 1 adalah sebagai berikut.



**Gambar 10: Sinyal arus dan spektrum harmonisa**



**Gambar 11. Sinyal tegangan dan spektrum harmonisa**

**Tabel 6: Orde Harmonisa Tegangan dan Arus pada Feeder MDP 1**

Harmonisa ke-n	Persen Thd V Fundamental	Persen Thd I Fundamental
3	0,18 %	4,22%
5	0,11 %	1,56 %
7	0,05 %	0,47 %
9	0,04 %	0,34 %
11	0,05 %	0,33 %
13	0,04 %	0,19 %
15	0,02 %	0,08 %
17	0,03 %	0,11 %
19	0,03 %	0,10 %

Paramater hasil simulasi :

- Vfundamental = 216,8 Volt
- Ifundamental = 422,9 Ampere
- Tegangan (V rms) = 153,3 volt
- Arus (Arms) = 300 Ampere
- THD Arus = 8,11 %
- THD Tegangan = 0,77 %

**4.4 Daya Distorsi pada Saluran Akibat Harmonisa.**

Secara umum daya distorsi saluran (konduktor) didefinisikan dengan persamaan : (mengacu ke rumus 12).

$$D = V_{rms} \times \sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2 + I_{11}^2 + I_{13}^2 + I_{15}^2 + I_{17}^2 + I_{19}^2}$$

$$D_{3\text{phasa}} = 3 \times D$$

Dari persamaan diatas, daya distorsi di MDP 1 adalah:

- Tanpa filter

$$D = V_{rms} \times \sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2 + I_{11}^2 + I_{13}^2 + I_{15}^2 + I_{17}^2 + I_{19}^2}$$

$$= 155,5 \times \sqrt{17,76^2 + 5,47^2 + 2,54^2 + 2,26^2 + 1,09^2 + 0,81^2 + 0,80^2 + 0,42^2 + 0,39^2}$$

$$= 2.654,563 \text{ VA}$$

$$D_{3\text{phasa}} = 3 \times 2.654,563 \text{ VA}$$

$$= 7.963,69 \text{ VA}$$

• Dengan Filter

$$D = V_{rms} \times \sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2 + I_{11}^2 + I_{13}^2 + I_{15}^2 + I_{17}^2 + I_{19}^2}$$

$$= 153,3 \times \sqrt{6,57^2 + 3,52^2 + 2,27^2 + 1,58^2 + 1,13^2 + 0,81^2 + 0,57^2 + 0,39^2 + 0,25^2}$$

$$= 1.242,365 \text{ VA}$$

$$D_{3\text{phasa}} = 3 \times 1.242,365 \text{ VA}$$

$$= 3.727,094 \text{ VA}$$

Dengan metode yang sama, berikut merupakan tabel daya distorsi pada feeder yang lainnya. Dari tabel 7 daya distorsi di atas dapat dilihat, yang paling besar menurunkan daya distorsi setelah di pasang filter aktif shunt yaitu pada SDP 2 MDP 2 yaitu sebesar 7.551,23 VA. Penurunan daya distorsi terendah pada MDP 1.

Tabel 7: Daya Distorsi pada semua SDP dan MDP

NO	TEMPAT	DISTORSI		KOMPEN-SASI
		TANPA FILTER (VA)	DENGAN FILTER (VA)	
1	MDP 1	7.963,69	3.727,094	4.236,596
2	SDP 1.1	8.853,34	2.099,15	6.754,195
3	SDP 2.1	8.853,34	2.099,15	6.754,195
4	SDP 3.1	8.853,34	2.099,15	6.754,195
5	MDP 2	9.294,456	2.039,19	7.255,27
6	SDP 1.2	8.960,89	2.109,21	6.851,68
7	SDP 2.2	9.365,31	1.814,08	7.551,23
8	SDP 3.2	8.307,62	1.837,59	6.470,03
9	SDP 4.2	8.751,05	1.770,56	6.980,49
10	SDP 5.2	8.706,75	2.092,93	6.613,82

4.1 Analisis Kandungan THD<sub>i</sub> pada SDP dan MDP

Hasil analisis THD<sub>i</sub> sebelum penggunaan filter dan setelah penggunaan filter serta perbandingannya dengan Standar IEEE 152-1992 selengkapnya sebagai berikut.

Dari tabel 8 terlihat kandungan THD<sub>i</sub> sebelum memakai filter dan sesudah pemakaian filter. Sebelum pemakaian filter aktif kandungan THD<sub>i</sub> pada feeder tidak memenuhi standar IEEE 152-1992 dengan batas THD<sub>i</sub> max sebesar 15,0 %. Tercatat THD<sub>i</sub> tertinggi pada MDP 2 dengan kandungan THD<sub>i</sub> sebesar 20,13 %. Kandungan THD<sub>i</sub> terendah sebesar 17,21 % terdapat pada MDP 1.

Setelah pemakaian filter aktif kandungan THD<sub>i</sub> pada semua SDP dan MDP keseluruhan memenuhi

Standar IEEE 152-1992 dengan penurunan kandungan THD<sub>i</sub> terbesar terjadi pada SDP 2 MDP 2 sebesar 20,08 % menjadi 3,94 %. Penurunan THD<sub>i</sub> terendah yaitu pada MDP 1 sebesar 9,7 %.

Tabel 8: Kandungan THD<sub>i</sub> pada SDP dan MDP Di Blue Point Bay Villa & Spa

Tempat	IEEE 519-1992	THD I (arus)	Sesuai standar/tidak	THD I (arus)	Sesuai standar / tidak	Kom-pen-sasi (%)
		Tanpa filter		Dgn filter		
Mdp 1	15 %	17,81	Tdk Sesuai	8,11	Sesuai	9,7
Sdp 1.1	15 %	18,98	Tdk Sesuai	4,55	Sesuai	14,43
Sdp 2.1	15 %	18,98	Tdk Sesuai	4,55	Sesuai	14,43
Sdp 3.1	15 %	18,98	Tdk Sesuai	4,55	Sesuai	14,43
Mdp 2	15 %	20,13	Tdk Sesuai	4,45	Sesuai	15,68
Sdp 1.2	15 %	19,21	Tdk Sesuai	4,58	Sesuai	14,63
Sdp 2.2	15 %	20,08	Tdk Sesuai	3,94	Sesuai	16,14
Sdp 3.2	15 %	17,81	Tdk Sesuai	4,01	Sesuai	13,8
Sdp 4.2	15 %	18,78	Tdk Sesuai	3,85	Sesuai	14,93
Sdp 5.2	15 %	18,68	Tdk Sesuai	4,54	Sesuai	14,14

5 KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Kandungan THD<sub>i</sub> di Blue Point Bay Villa & Spa sebelum menggunakan filter aktif shunt tidak sesuai standar IEEE 519-1992 yang telah ditentukan yaitu sebesar 15%. Untuk nilai THD<sub>v</sub> di Blue Point Bay Villa & Spa sudah sesuai standar IEEE 519-1992 sebesar 5% untuk tegangan 69 kV.
2. Kandungan THD<sub>i</sub> di Blue Point Bay Villa & Spa setelah penggunaan filter aktif shunt memenuhi Standar IEEE 519-1992 yang telah ditentukan yaitu sebesar 15%.
3. Penempatan filter aktif shunt yang terbaik untuk menurunkan distorsi daya adalah pada SDP 2 MDP 2, karena dapat menurunkan distorsi daya terbesar yaitu sebesar 7.551,23 VA.

6 DAFTAR PUSTAKA

[1] Antaka, E. P. 2009, *Analisis Penggunaan Filter Aktif Shunt untuk Menanggulangi THD (Total Harmonic Distortion) di RSUP Sanglah*, Jimbaran , Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana

[2] Duffey, C. K. 1989, *Update of Harmonic Standard IEEE-51*, IEEE Transaction on



- 
- Industry Application, Vol.25. No.6, November 1989.
- [3] Dugan ; McGranaghan ; Santoso ; Beaty . 1996, *Electrical Power System Quality - Second Edition*, USA : McGraw-Hill.
- [4] Dugan, 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, "Electrical Power System Harmonics, Design Guide").
- [5] Hermanto; Bambang; 1996, *Phenomena Harmonik di Sistem Distribusi Tenaga Listrik : Masalah, Penyebab dan Usaha Mengatasinya*, Majalah Energi & Listrik Vol.VI.
- [6] Kazibwe; Musoke, 1993, *Electrical Power Quality Control Techniques*, Van Nostrand Reinhold.
- [7] \_\_\_\_\_, *Modeling and Simulation Of The Propagation In Electrical Power Network*, 1996. IEE Transaction on Power Delivery, Vol.11