

PERBANDINGAN ALOKASI PENEMPATAN FILTER AKTIF DAN FILTER PASIF UNTUK MENDAPATKAN DISTORSI DAYA TERKECIL PADA JARINGAN DISTRIBUSI DI BLUE POINT BAY

Auryn Herman Gautama¹, Antonius Ibi Weking², I Wayan Rinas³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Email: aurynhg@gmail.com¹, tony@ee.unud.ac.id², rinas@unud.ac.id³

ABSTRAK

Filter harmonisa merupakan suatu teknologi elektronika daya untuk menghasilkan komponen arus spesifik yang dapat digunakan untuk meredam arus harmonisa yang dihasilkan oleh beban non linier. Beban non linier ini biasanya ditemukan pada peralatan elektronik yang didalamnya terdapat komponen semi konduktor, seperti halnya pemakaian AC, TV, Komputer, Peralatan Medis, Alat-Alat Musik dan lain sebagainya. Berdasarkan pengukuran awal di Blue Point Bay Villa & Spa didapatkan hasil simulasi nilai THD (*Total Harmonic Distortion*) arus di sebesar 25,17 % yang berarti melebihi nilai standar IEEE 159-2014 sebesar $\leq 15,0\%$. Penempatan filter yang tidak tepat dapat menyebabkan penurunan THD harmonisa menjadi tidak maksimal. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai THDv di Blue Point Bay Villa & Spa sebesar 4,83% dimana kondisi tersebut masih memenuhi standar maksimum THDv IEEE 519-2014 sebesar $\leq 5\%$ untuk tegangan ≤ 69 kV. Kandungan THDi di Blue Point Bay Villa & Spa setelah penggunaan filter aktif dan pasif memenuhi Standar IEEE 519-2014 yang telah ditentukan yaitu sebesar $\leq 15\%$. Penempatan filter aktif yang terbaik untuk menurunkan distorsi daya adalah pada SDP 2.2 karena dapat menurunkan distorsi daya dari 20,08% menjadi 3,94%, dan untuk penempatan filter pasif yang terbaik adalah pada MDP 2, karena dapat menurunkan distorsi daya dari 20,13% menjadi 8,52%.

Kata Kunci : Distorsi, Filter Aktif, Filter Pasif, Harmonisa

ABSTRACT

Harmonic filter is a power electronics technology to produce specific current components that can be used to reduce harmonic currents generated by non-linear loads. Non-linear load is usually found on electronic equipment in which there are semi-conductor components, such as the use of air conditioners, TVs, computers, medical equipment, musical instruments and so forth. Based on preliminary measurements at Blue Point Bay Villa & Spa, the simulation results of the THD (Total Harmonic Distortion) current value of 25.17%, which means exceeding the IEEE 159-2014 standard value of $\leq 15.0\%$. Filters that are placed incorrectly can cause THD harmonics to be suboptimal. From the results of the study it was found that the THDv value at Blue Point Bay Villa & Spa was 4.83% where these conditions met the maximum THDv IEEE 519-2014 standard for voltages ≤ 69 kV. THDi value at Blue Point Bay Villa & Spa after the use of active and passive filters is $\leq 15\%$ and according to IEEE Standard 519-2014. The best placement of active filters to reduce power distortion is SDP 2.2 because it can reduce power distortion from 20.08% to 3.94%, and the best passive filter placement is MDP 2, because it can reduce power distortion from 20.13 % to 8.52%.

Keywords: Distortion, Active Filter, Passive Filter, Harmonics

1. PENDAHULUAN

Harmonisa telah ada dalam sistem listrik selama bertahun-tahun. Harmonisa dalam sistem listrik berarti arus dan tegangan terdistorsi dan menyimpang dari bentuk gelombang sinusoidal. Di masa lalu, sebagian besar peralatan listrik menggunakan beban seimbang yang disebut sebagai beban linier (beban di mana tegangan dan arus mengikuti satu sama lain tanpa distorsi ke gelombang sinus murni mereka). Contoh beban linier

adalah induksi kecepatan konstan dan motor sinkron, pemanas resistif, dan lampu pijar. Tingginya tingkat harmonisa yang terdapat pada penggunaan energi listrik memiliki efek negatif pada efisiensi energi dengan menyebabkan pemanasan yang berlebihan, dan dapat merusak kinerja peralatan dan umur layanan [1] [7].

Adapun beberapa solusi yang dapat dilakukan untuk mengurangi pengaruh harmonisa adalah dengan memanfaatkan filter

harmonisa. Filter harmonisa merupakan suatu teknologi elektronika daya untuk menghasilkan komponen arus spesifik yang dapat digunakan untuk meredam arus harmonisa yang dihasilkan oleh beban non linier. Untuk mengukur distorsi, istilah total harmonic distortion (THD) digunakan. Nilai THD adalah nilai efektif dari semua harmonik saat ditambahkan bersama-sama, dibandingkan dengan nilai arus fundamental [1] [8].

Dalam penelitian ini akan dilakukan simulasi perbandingan alokasi penempatan filter aktif dan filter pasif untuk mendapatkan nilai THD arus dan THD tegangan terkecil pada jaringan distribusi di Blue Point Bay Villa & Spa Hotel yang terletak di jalan Uluwatu Jimbaran-Bali. Peralatan elektronik yang digunakan untuk menunjang fasilitas seperti AC (*Air Conditioner*), TV, lampu *daylight* PLC, pompa air, dan lain sebagainya yang dikategorikan sebagai beban nonlinier.

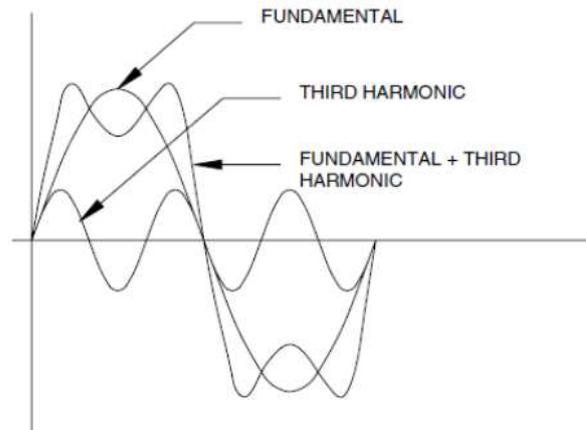
Hasil akhir dari penelitian ini adalah perbandingan alokasi penempatan filter aktif dan filter pasif untuk mendapatkan nilai THD arus dan THD tegangan terkecil pada jaringan distribusi di Villa Blue Point dengan menggunakan program MATLAB, sehingga distorsi daya dapat ditekan seminimal mungkin dengan jumlah filter yang sama.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Harmonisa

Istilah "harmonisa" mengacu pada distorsi harmonik tegangan dan arus dalam rangkaian AC. Arus harmonik disebabkan oleh beban non-linier yang terhubung ke sistem distribusi. Arus harmonik dihasilkan oleh peralatan yang terdiri dari rangkaian elektronika daya yang memiliki beban non-linier. Beban seperti itu terjadi disemua instalasi industri, komersial, dan perumahan. [2].

Gambar 1 merupakan gelombang fundamental, gelombang harmonisa dan gelombang terdistorsi. Sistem kelistrikan memasok daya ke beban dengan mengirimkan arus pada frekuensi dasar. Hanya arus frekuensi dasar yang dapat memberikan kekuatan nyata. Arus yang dikirimkan pada frekuensi harmonik tidak memberikan kekuatan nyata ke beban. Persentase harmonik dalam bentuk gelombang disebut THD (*total harmonic distortion*) dan dapat dipecah lagi menjadi THVD (*total harmonic voltage distortion*) dan THID (*total harmonic current distortion*). Ketika THVD dan THID meningkat, efisiensi sistem sangat besar [2].



Gambar 1 Gelombang Fundamental, Gelombang Harmonisa dan Gelombang Terdistorsi

Standar harmonisa yang diizinkan untuk arus dan tegangan berdasarkan IEEE 519-2014 [3] dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1 Current Distortion Limits untuk General Distribution System

Maximum Harmonics Current Distortion I_n % I_L						
Individual Harmonic Order (Odd Harmonics)						
I_{sc} / I_L	<11	11=< h<17	17= <h< 23	23=< h<35	35= <h	THD
<20	4	2	1.5	0.6	0.3	5
20-50	7	3.5	2.5	1	0.5	8
50-100	10	4.5	4	1.5	0.7	12
100-1000	12	5.5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2.5	1.4	20

THD arus harmonisa yang urutan genap dibatasi oleh 25% dari harmonisa yang urutan ganjil diatas. Distorsi arus yang ditimbulkan oleh sebuah penyearah setengah gelombang dc tidak diizinkan atau tidak termasuk pada tabel diatas. Dengan :

I_{sc} = Max short circuit current di PCC (*Point of Common Coupling*)

I_L = Max load current (arus beban fundamental) di PCC

Menurut IEEE Standard 519-2014 [8], untuk mengetahui standar batas maksimum THD_i pada *utility*, maka harus diketahui terlebih dahulu rasio hubung singkat (*short-circuit ratio*). SC_{ratio} yang dapat dicari dengan menggunakan rumus:

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

Dimana, I_{sc} (Arus hubung singkat) dapat dicari dengan rumus :

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

Sedangkan I_L (Arus beban maksimum) dapat dicari dengan rumus :

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

Keterangan:

I_{sc} = Arus hubung singkat maksimum pada PCC

I_L = Arus beban maksimum

KW = Total daya aktif

Tabel 2 Voltage Distortion Limits

Voltage at PCC	Individual Voltage Distortion (%)	Total Harmonic Distortion THD (%)
69 kV and below	3.0	5.0
69 kV – 161 kV	1.5	2.5
161 kV	1.0	1.5

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

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

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 :

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} V_h^2}}{V_1} \dots\dots\dots (5)$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} I_h^2}}{I_1} \dots\dots\dots (6)$$

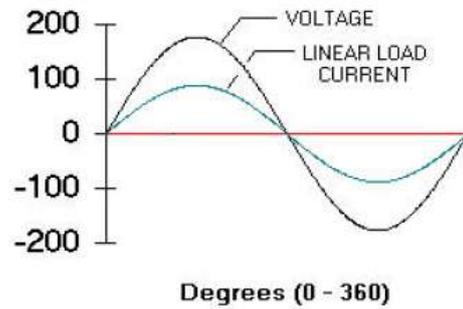
Nilai rms dari total bentuk gelombang bukanlah penjumlahan dari setiap komponen harmonisa, tetapi akar kuadrat dari penjumlahan kuadratnya. Hubungan THD dengan nilai rms dari gelombang adalah :

$$rms = \sqrt{\sum_{h=1}^{h_{max}} M_h^2} = M_1 + \sqrt{1 + THD^2} \dots\dots\dots (7)$$

2.2. Beban Linier dan Nonlinier

1. Linier

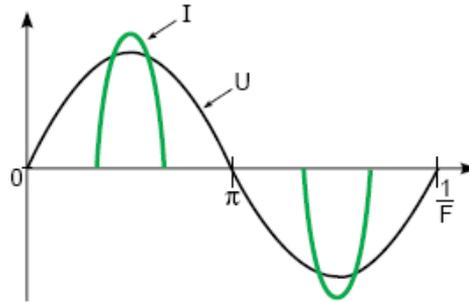
Sebuah beban linier adalah satu di mana tegangan (gelombang sinus) diterapkan di seluruh resistansi konstan yang menghasilkan arus (gelombang sinus lain). Contoh beban linier adalah induksi kecepatan konstan dan motor sinkron, pemanas resistif, dan lampu pijar [7]. Gambar 2 menunjukkan bentuk arus dan tegangan pada beban linier.



Gambar 2 Bentuk gelombang arus dan tegangan pada beban linier

2. Nonlinier

Gambar 3 merupakan arus yang diserap oleh beban non linier. Beban non-linear terjadi ketika hambatan tidak konstan dan berubah selama setiap gelombang sinus gelombang tegangan yang diterapkan, menghasilkan serangkaian arus positif dan negative. Contoh beban nonlinier adalah Peralatan listrik rumah tangga seperti TV, microwave, radio, komputer [7].



Gambar 3 Arus yang diserap oleh beban nonlinier

2.3. Filter Harmonisa

1. Aktif

Filter harmonic aktif merupakan filter parallel (yang berarti arus tidak melalui filter) yang digunakan untuk mengurangi harmonik ke tingkat yang dapat ditoleransi sebagaimana didefinisikan oleh IEEE-519. Filter aktif menggunakan serangkaian transistor dan kapasitor untuk menyaring atau membersihkan gelombang saat ini dengan menyuntikkan arus terbalik untuk membatalkan komponen harmonic yang tidak diinginkan. Filter aktif dapat bekerja dengan banyak motor. Ketika filter aktif mencapai batasnya, itu tidak akan kelebihan beban. Selain itu, jika filter aktif rusak, ini tidak akan menghentikan motor[3].

2. Pasif

Filter pasif memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan filter aktif. Komponen filter pasif merupakan kombinasi dari kapasitor dan inductor yang disetel untuk beresonansi

pada frekuensi tunggal atau melalui pita frekuensi. Dalam sistem tenaga, filter pasif digunakan untuk menekan dan mengurangi distorsi tegangan yang muncul di bagian sensitive sistem [3].

3. Hybrid

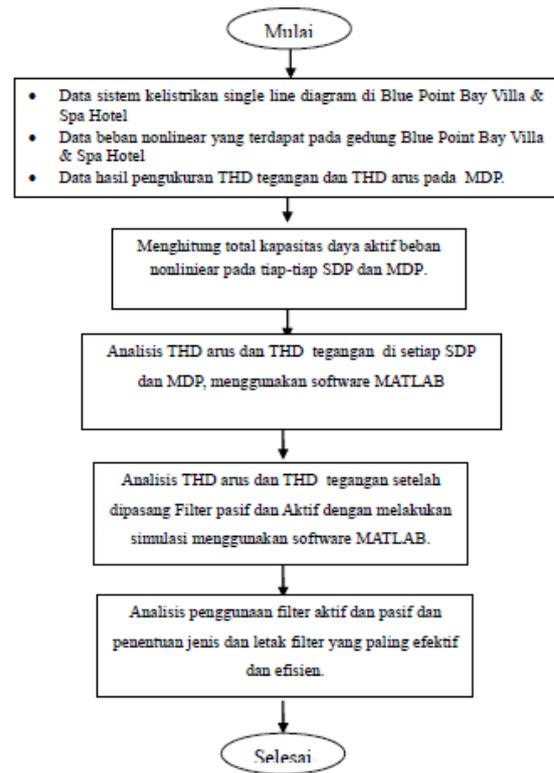
Penyaringan harmonik hibrid adalah kombinasi dari penyaringan harmonik pasif dan aktif. Kombinasi filter aktif dan pasif dapat menjadi solusi terbaik untuk mengurangi biaya investasi dalam mengatasi beban dinamis. Filter pasif melakukan aksi penyaringan dasar pada frekuensi harmonik dinamis sedangkan filter aktif melalui kontrol presisi, mengurangi harmonic yang lebih tinggi [3].

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini penulis mengambil lokasi di Blue Point Bay Villa & Spa Hotel yang terletak di jalan Uluwatu Jimbaran-Bali. Dalam penelitian ini, jenis data yang digunakan yaitu data primer yang diperoleh dari pengukuran pembebanan yang dioperasikan oleh kordinator ME (Mekanikal Elektrikal) dan studi literatur serta sumber-sumber lainnya yang mendukung penelitian ini.

3.1 Analisis Data

Gambar 4 menunjukkan alur analisis dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan sebagai berikut :



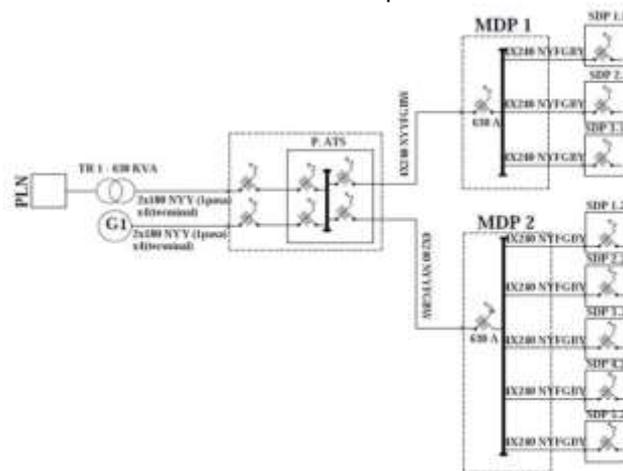
Gambar 4 Diagram Alur Analisis Data

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

1. Sistem Kelistrikan

Gambar 5 merupakan *single line diagram* dari sistem kelistrikan di Blue Point Bay Villa & Spa:



Gambar 5 Single Line Diagram Blue Point Bay Villa & Spa

Sistem distribusi primer di Blue Point Bay Villa & Spa terbagi menjadi dua buah MDP (*Main Distribution Panel*), pada MDP 1 terdapat tiga buah SDP (*Sub Distribution Panel*) dan pada MDP 2 terdapat lima buah SDP. Pada sistem distribusi di Blue Point Bay

Villa & Spa terdapat satu buah transformator tenaga yang menyuplai beban-beban menuju MDP yang ada. Dari suplai PLN dengan kapasitas 630 KVA dan genset dengan kapasitas 500 KVA menuju ke *Auto Transfer Switch* (Alat ini digunakan untuk

menghidupkan genset ketika listrik mati tanpa perantara manusia (operator) dan mematikan genset secara otomatis ketika listrik PLN hidup kembali dengan aman) yang kemudian didistribusikan ke masing-masing MDP. Dari masing-masing MDP, daya listrik kemudian disalurkan ke SDP yang selanjutnya disalurkan ke beban atau pemakai. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5 di atas.

2. Pengelompokan Beban Nonlinier

Tabel 3 merupakan tabel beban non linier dari masing-masing SDP yang disuplai oleh MDP 1:

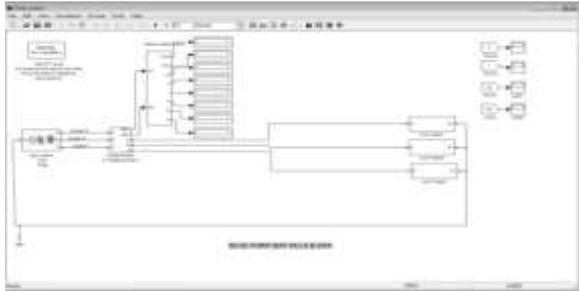
Tabel 3 Beban Non Linier

Lokasi	Nama Beban	Daya (W)	Jumlah	Total Daya (W)
Kamar Studio Deluxe	Halogen	20	10	200
	Lampu Hemat Energi	8	30	240
	AC	1.492	1	1.492
	Kulkas	75	1	75
	TV	79	1	79
	JUMLAH			2.086
Kamar Presidential Villas	Pompa Jacuzzi	746	2	1.492
	Halogen	20	22	440
	Lampu Hemat Energi	8	60	480
	AC	1.865	2	3730
	Kulkas	75	1	75
	TV	79	2	158
	DVD	250	1	250
	Submersible	180	1	180
	Pompa Kolam	1.492	1	1.492
	JUMLAH			8.297
Kamar Honeymoon Villas	Pompa Jacuzzi	746	1	746
	Halogen	20	12	240
	Lampu Hemat Energi	8	24	192
	AC	2.611	1	2.611
	Kulkas	75	1	75
	TV	79	1	79
	DVD	250	1	250
	Submersible	180	1	180

	Pompa Kolam	1.492	1	1.492
	JUMLAH			5.865
Kamar Two Storey Villas	Pompa Jacuzzi	746	1	746
	Halogen	20	10	200
	Lampu Hemat Energi	8	30	240
	AC	1.865	1	1.865
	Kulkas	75	1	75
	TV	79	1	79
	JUMLAH			3.205
Kamar Two Storey Split Villas	Halogen	20	7	140
	Lampu Hemat Energi	8	7	56
	AC	1.865	1	1.865
	Kulkas	75	1	75
	TV	79	1	79
	Pompa jacuzy	746	1	746
JUMLAH			2.961	
Restaurant	Lampu Hemat Energi	8	100	800
	Mesin Kopi	3000	1	3000
	Chiller	559,5	1	559,5
	Kipas Angin	70	2	140
	Blender	250	3	750
	JUMLAH			5.249,5
Lobby	Lampu Hemat Energi	8	35	280
	Komputer	350	3	1050
	JUMLAH			1.33
Caple	Lampu reflector par	38	12	456
	Lampu hemat energi	8	15	120
	AC	3.73	2	7.46
	JUMLAH			8.036

3. Simulasi Model Sistem

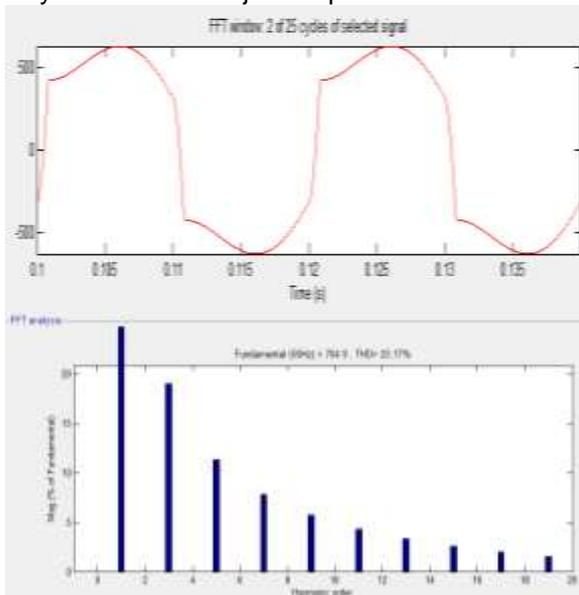
Simulasi yang dilakukan dengan menggunakan model sistem seperti gambar 6 di bawah ini :



Gambar 5 Model Simulasi

4. Hasil simulasi THD_i di MDP

Dengan bantuan FFT Tools yang terdapat pada 50 dan 5050m MATLAB, hasil simulasi berupa gelombang arus akan dianalisis untuk mengetahui kandungan THD pada sinyal-sinyal tersebut ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6 Sinyal arus dan 50 dan 5050m harmonisa pada MDP

5. Hasil simulasi THD_i di MDP

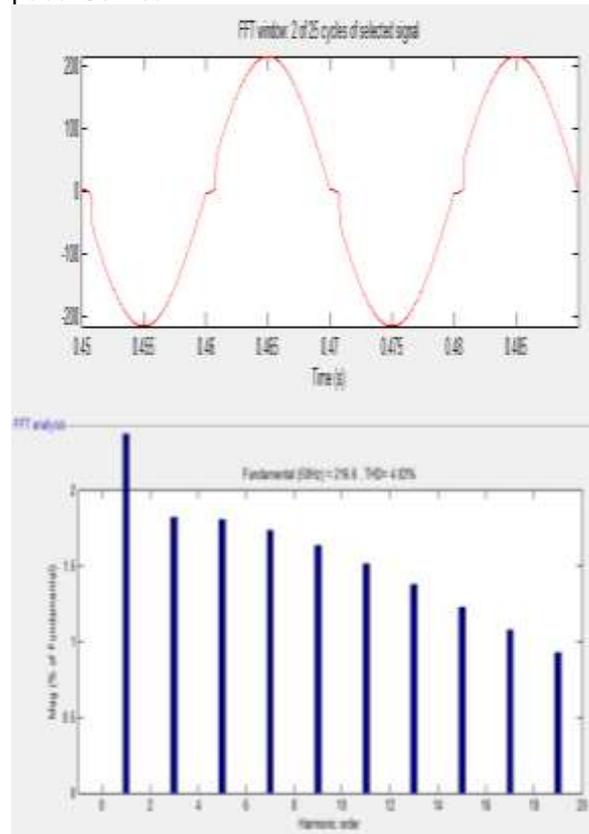
Dengan bantuan FFT Tools yang terdapat pada 50 dan 5050m MATLAB.

MDP	SDP	Vrms (Volt)	Irms (ampere)	V (Volt)	I (Ampere)	THD _v (%)	THD _i (%)
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

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

Hasil simulasi berupa sinyal tegangan akan dianalisis untuk mengetahui kandungan THD pada sinyal-sinyal tersebut ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Sinyal tegangan 50 dan 5050m harmonisa pada 50 dan 50

Tabel 4 Hasil Simulasi Matlab

6. Hasil Simulasi dan Pengukuran Kandungan THD_i dan THD_v Menurut Standar IEEE 519-2014

a. Kandungan THD_i

Berdasarkan hasil *short-circuit ratio* yang didapatkan dengan cara perhitungan, sesuai dengan IEEE Standard 519–2014. Tabel 5 merupakan hasil simulasi dan pengukuran kandungan THD_i pada setiap MDP dan SDP di Blue Point Bay Villa & Spa menurut standar IEEE 519-2014:

Tabel 5 Hasil simulasi dan pengukuran kandungan THD_i

Nama Panel	Pengukuran THD (%)	Simulasi THD (%)	Standar IEEE 519-2014 THD (%)	Ket
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
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 5 di atas dapat dilihat bahwa pada semua MDP dan SDP, THD_i hasil pengukuran dan simulasi tidak sesuai dengan standar yang diperbolehkan yaitu $\leq 15\%$.

b. Kandungan THD_v

Batas maksimum THD_v yang diperbolehkan di Blue Point Bay Villa & Spa menurut IEEE standard 519 – 2014 adalah $\leq 5\%$, karena tegangan di Blue Point Bay Villa & Spa dibawah 69KV.

Tabel 13 merupakan hasil simulasi dan pengukuran kandungan THD_v di Blue Point Bay Villa & Spa menurut standar IEEE 519-2014:

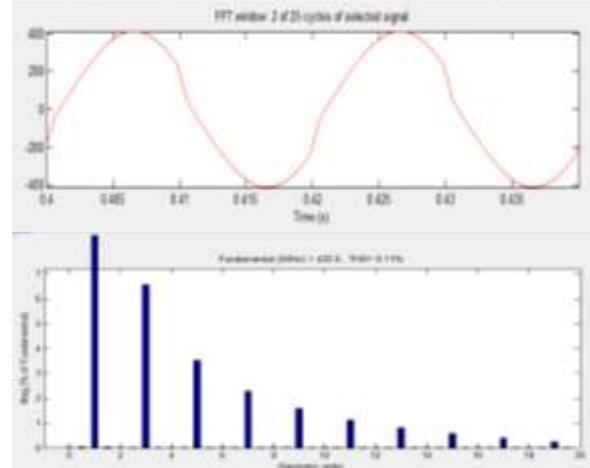
Tabel 6 Hasil simulasi dan pengukuran kandungan THD

Nama Panel	Pengukuran THD (%)	Simulasi THD (%)	Standar IEEE 519-2014 THD (%)	Ket
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
MDP 2	2,0	1,12	5	Sesuai
SDP1	4,9	0,43	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

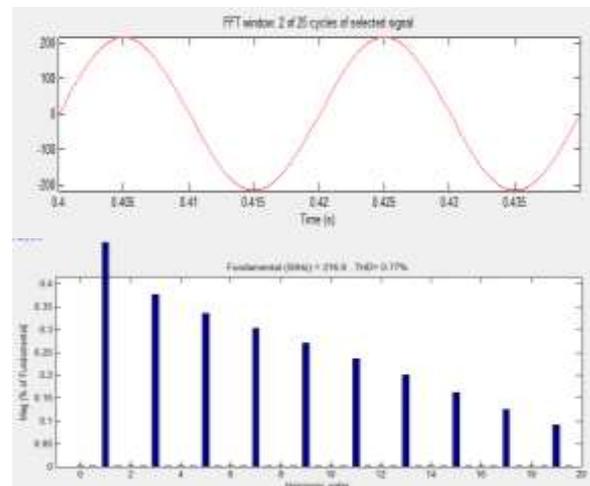
Dari tabel 6 di atas dapat dilihat bahwa pada semua MDP dan SDP, THD_v hasil pengukuran maupun simulasi masih dapat diterima/sesuai dengan standar yang diperbolehkan.

c. Filter Aktif *shunt* pada MDP 1

Gambar 8 dan Gambar 9 merupakan hasil simulasi penggunaan filter aktif di MDP 1. Dari data hasil *running* tersebut didapat kandungan harmonisa pada MDP 1 yaitu THD_v 0,77% (Sudah memenuhi standard) dan THD_i 8,11% (sudah memenuhi standard).



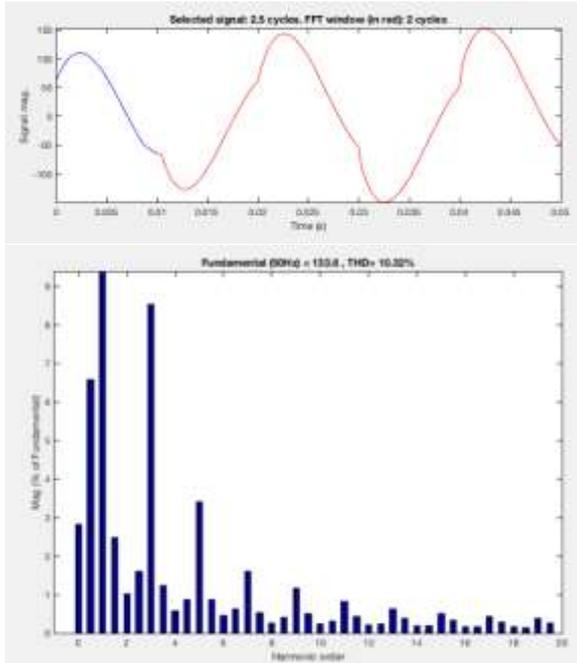
Gambar 8 Sinyal dan Spektrum THD_i pada MDP 1 (Filter Aktif Shunt)



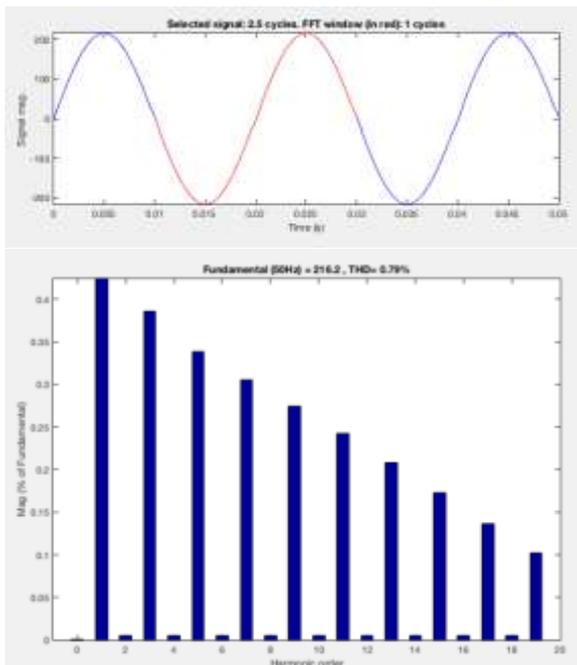
Gambar 9 Sinyal dan Spektrum THD_i pada MDP 1 (Filter Aktif Shunt)

d. Filter pasif pada MDP 1

Gambar 10 dan Gambar 11 merupakan hasil simulasi penggunaan filter pasif di MDP 1.. Dari data hasil *running* tersebut didapat kandungan harmonisa pada MDP 1 yaitu THD_v 0,79% (Sudah memenuhi standard) dan THD_i 10,32% (sudah memenuhi standard)



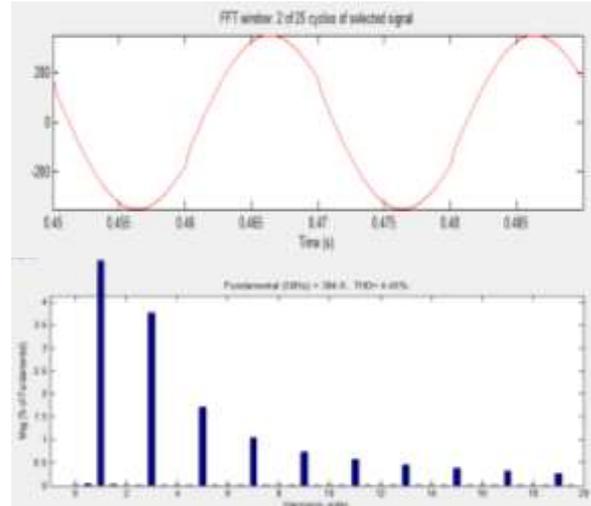
Gambar 10 Sinyal dan Spektrum THD_i pada MDP 1 (Filter Pasif)



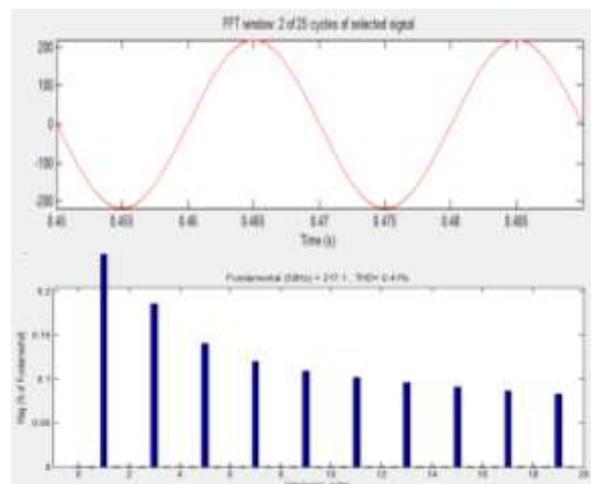
Gambar 11 Sinyal dan Spektrum THD_i pada MDP 1 (Filter Pasif)

e. Filter Aktif shunt pada MDP 2

Gambar 12 dan Gambar 13 merupakan hasil simulasi penggunaan filter aktif di MDP 2 adalah sebagai berikut:



Gambar 12 Sinyal dan Spektrum THD_i pada MDP 2 (Filter Aktif Shunt)

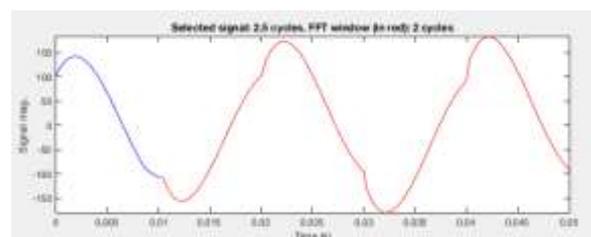


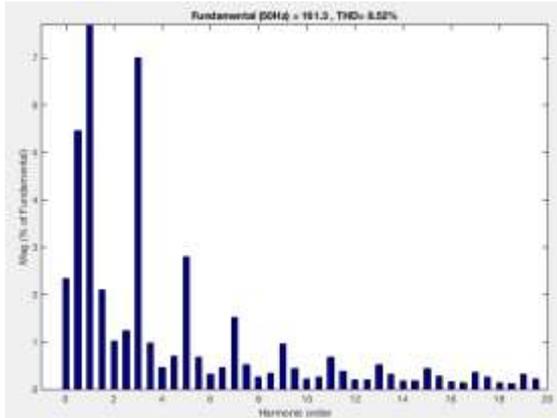
Gambar 13 Sinyal dan Spektrum THD_v pada MDP 2 (Filter Aktif Shunt)

Dari data hasil *running* tersebut didapat kandungan harmonisa pada MDP 2 yaitu THD_v 0,41% (Sudah memenuhi standard) dan THD_i 4,45% (sudah memenuhi standard).

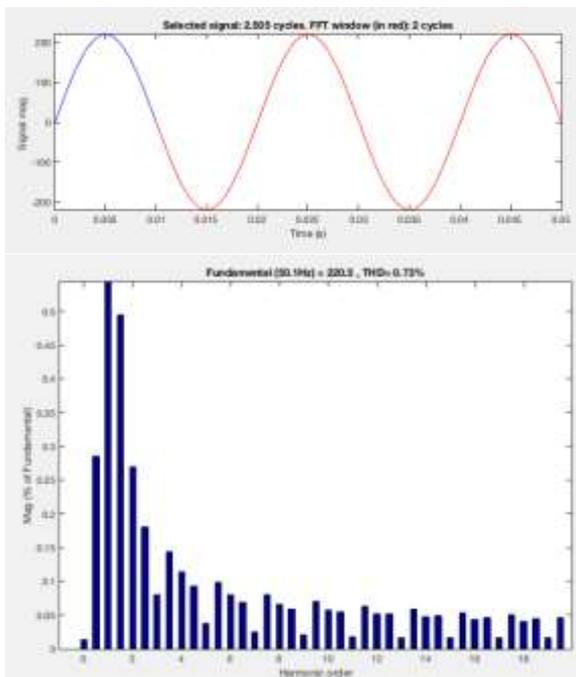
f. Filter Pasif pada MDP 2

Gambar 14 dan Gambar 15 merupakan hasil simulasi penggunaan filter pasif di MDP 2. Dari data hasil *running* tersebut didapat kandungan harmonisa pada MDP 2 yaitu THD_v 0,73% (Sudah memenuhi standard) dan THD_i 8,52% (sudah memenuhi standard).





Gambar 14 Sinyal dan Spektrum THDi pada MDP 2 (Filter Pasif)



Gambar 15 Sinyal dan Spektrum THdv pada MDP 2 (Filter Pasif)

4.2. Pembahasan

1. Analisis THDi

Tabel 14 memperlihatkan kandungan THD sebelum dan sesudah pemakaian filter. Sebelum pemakaian filter aktif *shunt* kandungan THDi pada *feeder* tidak memenuhi standar IEEE 152-2014 dengan batas THDi max sebesar $\leq 15,0\%$. Tercatat THDi tertinggi pada MDP 2 dengan kandungan THDi sebesar 20,13 %. Kandungan THDi terendah sebesar 17,81 % terdapat pada MDP 1. Hasil analisis THDi sebelum dan setelah penggunaan filter aktif *shunt* dan filter pasif serta perbandingannya dengan Standar IEEE 152-2014 selengkapnya sebagai berikut.

Tabel 14 Kandungan THDi pada SDP dan MDP di Blue Point Bay Villa & Spa

Nama Panel	IEEE 519-2014	THD I (arus)	Sesuai standar	THD I (arus)	Sesuai standar	THD I (arus)	Sesuai standar
		Tanpa filter	tidak	Filter Aktif	tidak	Filter Pasif	tidak
Mdp 1	15 %	17,81	Tdk Sesuai	8,11	Sesuai	10,32	Sesuai
Sdp 1.1	15 %	18,98	Tdk Sesuai	4,55	Sesuai	10,44	Sesuai
Sdp 1.2	15 %	18,98	Tdk Sesuai	4,55	Sesuai	10,44	Sesuai
Sdp 1.3	15 %	18,98	Tdk Sesuai	4,55	Sesuai	10,44	Sesuai
Mdp 2	15 %	20,13	Tdk Sesuai	4,45	Sesuai	8,52	Sesuai
Sdp 2.1	15 %	19,21	Tdk Sesuai	4,58	Sesuai	11,41	Sesuai
Sdp 2.2	15 %	20,08	Tdk Sesuai	3,94	Sesuai	10,42	Sesuai
Sdp 2.3	15 %	17,81	Tdk Sesuai	4,01	Sesuai	10,23	Sesuai
Sdp 2.4	15 %	18,78	Tdk Sesuai	3,85	Sesuai	9,34	Sesuai
Sdp 2.5	15 %	18,68	Tdk Sesuai	4,54	Sesuai	11,21	Sesuai

Setelah pemakaian filter aktif kandungan THDi pada semua SDP dan MDP keseluruhan memenuhi Standar IEEE 152-2014 dengan penurunan kandungan THDi terbesar terjadi pada SDP 2.2 yaitu menjadi menjadi 3,94 %.

Setelah pemakaian filter aktif kandungan THDi pada semua SDP dan MDP keseluruhan memenuhi Standar IEEE 152-1992 dengan penurunan kandungan THDi terbesar terjadi pada MDP 2 yaitu menjadi menjadi 8,52 %.

2. Analisis THdv

Hasil analisis THdv sebelum penggunaan filter dan setelah penggunaan filter serta perbandingannya dengan Standar IEEE 152-2014 selengkapnya sebagai berikut.

Tabel 15 Kandungan THdv pada SDP dan MDP

Nama Panel	IEEE 519-2014	THD V (tegangan)	Sesuai standar	THD V (tegangan)	Sesuai standar	THD V (tegangan)	Sesuai standar
		Tanpa filter	tidak	Filter Aktif	tidak	Filter Pasif	tidak
Mdp 1	5 %	0,82	Sesuai	0,76	Sesuai	0,79	Sesuai
Sdp 1.1	5 %	0,33	Sesuai	0,24	Sesuai	0,33	Sesuai
Sdp 1.2	5 %	0,33	Sesuai	0,24	Sesuai	0,33	Sesuai
Sdp 1.3	5 %	0,33	Sesuai	0,24	Sesuai	0,33	Sesuai
Mdp 2	5 %	1,12	Sesuai	0,41	Sesuai	0,73	Sesuai
Sdp 2.1	5 %	0,43	Sesuai	0,24	Sesuai	0,42	Sesuai
Sdp 2.2	5 %	0,29	Sesuai	0,24	Sesuai	0,28	Sesuai
Sdp 2.3	5 %	0,35	Sesuai	0,35	Sesuai	0,35	Sesuai
Sdp 2.4	5 %	0,25	Sesuai	0,24	Sesuai	0,25	Sesuai
Sdp 2.5	5 %	0,25	Sesuai	0,22	Sesuai	0,24	Sesuai

Dari tabel 15 terlihat kandungan THdv pada setiap SDP dan MDP sudah memenuhi Standar IEEE 152-2014, dan mengalami penurunan setelah pemakaian filter aktif *shunt* dan filter pasif. Sebelum menggunakan filter, kandungan THdv tertinggi pada MDP 2 sebesar 1,12 %. Setelah dipasang filter aktif, penurunan terbanyak terjadi pada MDP 2 yaitu menjadi 0,41%, dan setelah dipasang filter pasif, penurunan terbanyak terjadi pada MDP 2 juga, yaitu menjadi sebesar 0,73%.

5. SIMPULAN

- a. Kandungan THD_i di Blue Point Bay Villa & Spa sebelum menggunakan filter sebesar 25,17% yang berarti tidak sesuai standar IEEE 519-2014 yang telah ditentukan yaitu sebesar $\leq 15\%$. Untuk nilai THD_v di Blue Point Bay Villa & Spa sebesar 4,83% dimana kondisi tersebut masih memenuhi standar maksimum THD_v IEEE 519-2014 sebesar $\leq 5\%$ untuk tegangan ≤ 69 kV.
- b. Kandungan THD_i di Blue Point Bay Villa & Spa setelah penggunaan filter aktif dan pasif memenuhi Standar IEEE 519-2014 yang telah ditentukan yaitu sebesar $\leq 15\%$. Seperti pada tabel 4.21.
- c. Penempatan filter aktif yang terbaik untuk menurunkan distorsi daya adalah pada SDP 2.2, karena dapat menurunkan distorsi daya dari 20,08% menjadi 3,94%, dan untuk penempatan filter pasif yang terbaik adalah pada MDP 2, karena dapat menurunkan distorsi daya dari 20,13% menjadi 8,52%.

6. Daftar Pustaka

- [1] Rinas, I. (2013). Simulasi Penggunaan Filter Pasif, Filter Aktif dan Filter Hybrid Shunt untuk Meredam Meningkatnya Distorsi Harmonisa yang Disebabkan Oleh Munculnya Gangguan Resonansi. Teknologi Elektro
- [2] Salam, Z., Jusoh, A. 2006. *Harmonics Mitigation Using Active Power Filter: A Technological Review*. Department of Energy Conversion, Faculty of Electrical Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, ELEKTRIKA, 8(2), 2006, 17-26
- [3] Dugan, R. Z. 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").
- [4] Prabowo, D. N., Haddin, M., & Nugroho, D. (2015). Reduksi Harmonisa dengan Filter Aktif Shunt Berbasis Matlab/Simulink. *Media ElektriKa*.
- [5] Limantara, L. 2002. Hybrid Active Filter Untuk Meredam Resonansi Harmonisa pada Pembangkitan di Industri. Skripsi. Surabaya : Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Petra.
- [6] Septiawan, H. 2012. Penggunaan Filter Hibrid Konfigurasi Seri Untuk Memperbaiki Kinerja Filter Pasif Dalam Upaya Peningkatan Pereduksian Harmonisa Pada Sistem Kelistrikan Di Rsup Sanglah. Skripsi. Jimbaran : Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana.
- [7] Dugan, R. Z. ; R. Z. 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").
- [8] Duffey, C. K. 1989. *Update of Harmonic Standard IEEE-51*. IEEE Transaction on Industry Application, Vol.25. No.6, November 1989.