

# PENGGUNAAN FILTER HIBRID KONFIGURASI SERI UNTUK MEMPERBAIKI KINERJA FILTER PASIF DALAM UPAYA PENINGKATAN PEREDUKSIAN HARMONISA PADA SISTEM KELISTRIKAN DI RSUP SANGLAH

I Wayan Rinas

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana  
Kampus Bukit Jimbaran Bali, 80361, tlp. 0361703315  
Email: rinas@ee.unud.ac.id

## Abstrak

Rumah Sakit Umum Pusat Sanglah adalah salah satu tempat yang banyak mengoperasikan peralatan-peralatan beban non linier, sehingga mengakibatkan kandungan harmonisa arusnya melebihi 8% , kondisi ini tidak sesuai dengan batas kandungan harmonisa berdasarkan IEEE standar 519-1992 sebesar 8%. Pada penelitian sebelumnya, digunakan filter pasif untuk mengatasi harmonisa tersebut. Penurunan harmonisa arus setelah penggunaan filter pasif rata-rata sebesar 7,71%. Untuk lebih meningkatkan kerja filter pasif dalam mengatasi harmonisa maka dilakukan penelitian dengan melakukan simulasi pengoperasian filter hibrid. Dalam penelitian ini dilakukan analisis kandungan THD di RSUP Sanglah dan penanggulangannya dengan simulasi penggunaan filter hibrid konfigurasi seri menggunakan software simulink MATLAB. Hasil simulasi penggunaan filter hibrid konfigurasi seri sebagai upaya perbaikan filter pasif menunjukkan THD arus dan tegangan mengalami penurunan dari sebelumnya. Kandungan THD arus setelah penggunaan filter hibrid mengalami penurunan rata-rata sebesar 3,17%, dan penurunan THD tegangan sebesar rata-rata 1,2%.

**Kata kunci :** THD, filter pasif, filter hibrid

## 1. PENDAHULUAN

Harmonisa merupakan suatu fenomena terbentuknya gelombang frekuensi tinggi yang merupakan kelipatan dari frekuensi fundamentalnya. Harmonisa bersumber dari pengoperasian beban-beban nonlinier yang penggunaannya semakin meningkat. Penggunaan beban non linier tidak hanya mencakup sector industri dan perkantoran, tetapi juga meliputi pusat pelayanan kesehatan publik seperti rumah sakit.

RSUP Sanglah merupakan salah satu pusat layanan publik yang banyak mengoperasikan beban-beban non-linier pada kegiatan operasionalnya. Secara umum sistem kelistrikan di RSUP Sanglah menggunakan sistem ring atau *loop*, yang mendapatkan pasokan daya listrik dari PLN untuk memenuhi kebutuhan listrik agar dapat melakukan kegiatan operasionalnya serta pasokan listrik dari *generator set (genset)* yang digunakan dalam keadaan darurat (*emergency*). RSUP Sanglah memiliki 5 buah MDP (*Main Distribution Panel*), dan pada masing-masing MDP terdapat dua buah transformator tenaga yang menyuplai beban-beban pada MDP tersebut. Suplai listrik dari PLN didistribusikan menuju ke *Main Power House* yang kemudian didistribusikan ke masing-masing MDP. Dari masing-masing MDP, daya listrik kemudian disalurkan ke MLTP (*Main Low Terminal Panel*) yang selanjutnya menuju DP (*Distribution Panel*), dan dari DP disalurkan ke beban.

Data hasil pengukuran THD di tiap MLTP menunjukkan beberapa MLTP masih memiliki kandungan THD yang tidak sesuai dengan IEEE standar 519-1992 (8%). Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk mengurangi kandungan THD adalah dengan memasang filter pasif.

Dari hasil penelitian yang dilakukan Yuliana tahun 2009[1], menunjukkan kandungan THD arus pada MDP2 MLTP2 adalah 2.34%, MDP3 MLTP1 adalah 2,6%, MDP3 MLTP2 adalah 2,83%, MDP4 MLTP2 adalah 2,97%, MDP5 MLTP2 adalah 2,66%, dan MDP5 MLTP3 adalah 1,41%. Hasil simulasi pemasangan filter pasif tersebut menunjukkan filter pasif mampu mengurangi harmonisa pada sistem kelistrikan di RSUP Sanglah. Namun untuk dapat lebih meningkatkan kemampuan kinerja filter pasif dalam mengurangi harmonisa, maka diperlukan pengoperasian filter hibrid [2][3].

Berdasarkan permasalahan di atas maka pada penelitian ini akan dibahas mengenai pengoperasian filter hibrid yang merupakan penggabungan filter pasif dengan filter aktif yang dikonfigurasi seri. Dengan penggunaan filter hibrid diharapkan mampu meningkatkan kinerja filter pasif sehingga harmonisa di RSUP Sanglah dapat berkurang.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Fenomena Harmonik

Sistem tenaga listrik dirancang untuk beroperasi pada frekuensi 50 atau 60Hz. Akan tetapi pada aplikasinya beberapa beban menyebabkan munculnya arus/tegangan yang frekuensinya merupakan

kelipatan 50/60Hz. Frekuensi 50/60Hz disebut dengan frekuensi fundamental dan kelipatannya disebut frekuensi harmonik atau harmonik saja, seperti ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1. Frekuensi Fundamental dan Kelipatannya**

Frek (Hz)	Istilah
50	Frekuensi Fundamental
100	Harmonik Pertama
150	Harmonik Kedua
200	Harmonik Ketiga

Dalam prakteknya keberadaan harmonik ini membawa kerugian pada berbagai alat, salah satunya adalah transformator distribusi. Harmonik adalah gejala pembentukan gelombang gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Hal ini disebut frekuensi harmonik yang timbul pada bentuk gelombang aslinya sedangkan bilangan bulat pengali frekuensi dasar disebut angka urutan harmonik. Misalnya, frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50Hz, maka harmonik keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100Hz, harmonik ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150Hz dan seterusnya.

Gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang murni/aslinya, sehingga akan terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmoniknya. Harmonik urutan genap biasanya memiliki rms yang lebih kecil dibandingkan harmonik urutan ganjil. Jumlah antara frekuensi fundamental dan kelipatannya, akan menyebabkan frekuensi fundamental tidak lagi berbentuk sinus murni, tetapi mengalami distorsi.

Penyebab munculnya harmonik sebagian besar diakibatkan oleh banyaknya pengoperasian peralatan-peralatan elektronika daya. Rangkaian elektronika daya digunakan secara luas pada *Switching Power Supplies*, *UPS*, komputer, printer, lampu fluorescent yang menggunakan elektronik ballast, kendali kecepatan motor, motor induksi, batere charges, proses elektroplating, dll. Peralatan elektronika daya banyak digunakan karena lebih efisien dan mudah dikendalikan. Fenomena harmonik tidak sebagaimana fenomena *transient* yang hilang dalam beberapa mikro detik atau fenomena *voltage sag* yang hilang pada beberapa milidetik, harmonik merupakan kejadian yang berlangsung secara periodik dan berbentuk *steady state*. Kemunculan harmonik secara terus menerus akan menyebabkan distorsi pada gelombang sinus tegangan/arus. Berbeda dengan beban-beban listrik yang menarik arus sinusoidal (sebenarnya dengan tegangan yang menyuplainya), beban-beban elektronik menarik arus dengan bentuk nonsinusoidal, walaupun disuplai dari

sumber tegangan sinusoidal. Beban yang memiliki sifat ini disebut sebagai beban non-linier [4].

Arus yang tidak berbentuk sinusoidal tersebut mengintrodukir komponen arus frekuensi tinggi yang terinjeksi ke jala-jala, yang dikenal dengan nama arus harmonisa (karena itu fenomena ini seringkali disebut dengan *polusi harmonisa*). Arus harmonisa ini menimbulkan sangat banyak implikasi negatif, baik bagi pelanggan maupun *power provider*.

## 2.2 Total Harmonic Distortion / THD

THD adalah ukuran dari nilai efektif bentuk gelombang yang terdistorsi dari komponen harmonisa. THD disebut juga faktor distorsi (*distortion factor*). THD berlaku untuk arus dan tegangan. THD digambarkan sebagai nilai rms dari harmonik di atas fundamental, dibagi dengan nilai rms fundamental. Jadi untuk arus,

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} \left(\frac{I_k}{\sqrt{2}}\right)^2}}{\frac{I_1}{\sqrt{2}}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{2} \sum_{k=2}^{\infty} I_k^2}}{\frac{I_1}{\sqrt{2}}} \quad (1)$$

Formula yang sama diterapkan juga pada tegangan ( $THD_v$ ), yaitu :

$$THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} \left(\frac{V_k}{\sqrt{2}}\right)^2}}{\frac{V_1}{\sqrt{2}}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{2} \sum_{k=2}^{\infty} V_k^2}}{\frac{V_1}{\sqrt{2}}} \quad (2)$$

Distorsi arus ( $THD_i$ ) pada beban-beban bervariasi antara beberapa persen sampai lebih dari 100%, akan tetapi distorsi tegangan secara umum kurang dari 5%.

Tingginya kandungan THD pada sistem kelistrikan, menyebabkan bentuk gelombang arus maupun tegangan yang idealnya adalah sinusoidal murni akan menjadi cacat akibat distorsi harmonisa yang terjadi.

## 2.3 Pemanfaatan Filter Harmonisa

Untuk mengurangi pengaruh harmonik maka pada transformator distribusi atau panel kontrol utama perlu dipasang peralatan proteksi, yaitu antara lain filter harmonisa (*harmonic filter*) baik filter aktif atau filter pasif. Tujuan utama dari filter harmonisa adalah untuk mengurangi amplitudo satu frekuensi tertentu dari sebuah tegangan atau arus.

### 2.3.1 Filter Pasif (*Passive Filter*)

Filter pasif dipasang pada sistem dengan tujuan utama untuk meredam harmonik dan tujuan lain yaitu untuk memperbaiki *power factor*, berupa komponen L, C yang dapat ditala untuk satu atau dua frekuensi. Filter dengan penalaan tunggal ditala pada salah satu orde harmonisa (biasanya pada orde harmonisa rendah). Filter pasif sebagian besar didesain untuk memberikan bagian khusus untuk mengalihkan arus harmonisa yang tidak diinginkan dalam sistem tenaga.

Tabel 2. memperlihatkan beberapa jenis filter pasif yang umum beserta konfigurasi dan

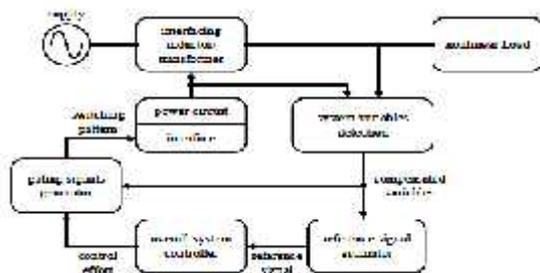
impedansinya. *Single-tuned* filter atau *bandpass* filter adalah yang paling umum digunakan. Dua buah *Single-tuned* filter akan memiliki karakteristik yang mirip dengan *double bandpass* filter.

Tabel 2. Jenis Filter Pasif

Tipe Filter	Konfigurasi
<i>Band-Pass</i>	
<i>High-Pass</i>	

**2.3.2 Filter Aktif (Active Filter)**

Prinsip dasar dari filter aktif menggunakan teknologi elektronika daya untuk menghasilkan komponen arus spesifik yang bertujuan untuk menggagalkan komponen arus harmonisa yang dihasilkan oleh beban non-linear.



Gambar 1. Blok diagram Filter Aktif secara umum

Gambar 1 menunjukkan komponen dari sistem filter aktif dan hubungan antar komponennya. Informasi mengenai arus variabel harmonisa dari sistem menuju ke *compensation reference signal estimator*. Sinyal yang dihasilkan berupa sinyal referensi menuju ke *overall system controller*, yang akan menyediakan control untuk *gating signal generator*. Output dari *gating signal generator* mengontrol rangkaian daya, apakah rangkaian daya pada blok diagram diatas dihubungkan seri, parallel atau parallel/seri dalam penggunaan induktor atau transformator.

Filter aktif adalah rangkaian elektronika yang terdiri dari komponen R, L, dan C yang dirancang untuk meredam harmonisa pada beban non linier dalam sistem tenaga. Filter pasif selalu bermasalah apabila gangguan tersebut semakin besar dan kontinyu. Filter aktif menginjeksikan arus untuk membatalkan harmonisa yang terkandung pada arus beban [5].

**2.3.3 Filter Hibrid**

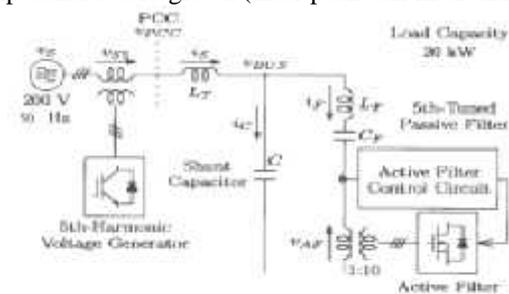
Dua metode kompensasi yang dapat diaplikasikan untuk mengurangi harmonisa adalah:

- Kompensasi paralel untuk kompensasi arus beban pada titik yang bermasalah.
- Kompensasi seri untuk kompensasi tegangan pada sumber sebagai titik bermasalah.

Kedua metode kompensasi tersebut dapat diaplikasikan lebih lanjut menggunakan struktur filter hibrid. Struktur ini merupakan gabungan struktur filter pasif dan filter aktif. Salah satu struktur dari banyak alternatif yang ada yaitu struktur hibrid seri yang tersusun dari [3].

- Satu rangkaian atau lebih filter pasif yang terhubung paralel dengan beban non linier.
- Rangkaian filter aktif yang terhubung dengan rangkaian filter pasif.

Dalam konfigurasi ini filter aktif hanya mengkompensasi arus harmonisa, dan meningkatkan keefektifan filter pasif. Hal ini bertujuan untuk mencegah meluasnya tegangan harmonisa dari sumber pada frekuensi anti resonant pada filter pasifnya, serta melemahkan arus harmonisa antara beban dan sumber dengan cara menurunkan impedansi secara global (filter pasif dan filter aktif).



Gambar 2. Rangkaian filter hibrid [3]

Struktur ini ideal untuk mengatasi harmonisa tegangan yang tinggi. Gambar 2 menunjukkan konfigurasi sistem untuk rangkaian filter aktif hibrid dimana komponen filter aktifnya dihubungkan secara seri dengan filter pasif.

**2.8 Batas Maksimum THD Berdasarkan IEEE 519-1992**

Untuk dapat mencapai kualitas layanan listrik yang baik, maka perlu mempertimbangkan kandungan harmonik dari gelombang AC sebagai suatu faktor dalam menentukan kualitas listrik.

IEEE Standar 519-1992, menyarankan nilai-nilai berikut sebagai sebagai batas maksimum yang direkomendasikan untuk distorsi tegangan dan arus.

Tabel 3. IEEE Standard 519 - 1992, standar batas distorsi tegangan harmonik maksimum[6]

Voltage at PCC	Individual Component Voltage Distortion	Total Voltage Distortion (THD <sub>V</sub> )
$V \leq 69 \text{ kV}$	1.00%	1.00%
$69 \text{ kV} < V \leq 161 \text{ kV}$	1.50%	2.50%
$V < 161 \text{ kV}$	1.00%	2.50%

Source: IEEE, 1999

**Tabel 4. IEEE Standard 519 - 1992, standar batas distorsi arus harmonik maksimum[6]**

MAXIMUM HARMONIC CURRENT DISTORTION IN % OF FUNDAMENTAL						
Isc/I <sub>sc</sub>	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	4.0
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 harmonics are limited to 25% of the odd harmonic limits above.  
 \* All power generation equipment is limited to these values of current distortion, regardless of actual Isc/I<sub>sc</sub>.  
 Where: I<sub>sc</sub> = Maximum short circuit current at PCC  
 And I = Maximum load current (fundamental frequency) at PCC  
 For PCC's from 69 to 138 kV, the limits are 50 percent of the limits above. A case-by-case evaluation is required for PCC's of 138 kV and above.

Source: [6], p. 35

**III. METODE PENELITIAN**

**3.1 Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari data sekunder sistem kelistrikan RSUP Sanglah tahun 2009. Data-data yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Data *single line diagram* sistem kelistrikan di RSUP Sanglah
2. Data jumlah, tipe, dan kapasitas beban nonlinier yang terpasang pada setiap ruangan yang tersambung pada MLTP di masing-masing MDP.
3. Data kapasitas trafo daya pada masing-masing MDP.
4. Data panjang dan spesifikasi kabel dari MLTP ke setiap ruangan yang disuplainya.

**3.2 Analisis Data**

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu:

1. Mengelompokan beban-beban nonlinier di tiap-tiap ruangan pada MLTP masing-masing MDP.
2. Menghitung total kapasitas daya aktif (watt) beban nonlinier pada tiap-tiap ruangan.
3. Menghitung besarnya *Total Harmonic Distortion*, baik THD<sub>i</sub> maupun THD<sub>v</sub>.
4. Membandingkan batas maksimum THD berdasarkan IEEE standard 519 Tahun 1992 untuk mengetahui lokasi-lokasi yang THDnya tidak sesuai standar.
5. Membuat model simulasi sistem kelistrikan RSUP Sanglah pada perangkat lunak *Simulink* MATLAB.
6. Memasang filter pasif pada rangkaian yang telah dibuat sebelumnya pada perangkat lunak *Simulink* MATLAB, untuk menurunkan kandungan THD.
7. Membuat model filter hibrid konfigurasi seri pada *Simulink* MATLAB.

8. Mengganti filter pasif dengan filter hibrid konfigurasi seri untuk memperbaiki kinerja filter pasif.

Membandingkan hasil simulasi penggunaan filter pasif dan filter hibrid untuk mengetahui filter yang lebih efektif dalam mengurangi THD.

**IV. PEMBAHASAN**

**4.1 Sistem Kelistrikan RSUP Sanglah**

Pihak RSUP Sanglah mendapatkan pasokan daya listrik dari PLN untuk memenuhi kebutuhan listrik agar dapat melakukan kegiatan operasionalnya serta dibantu pasokan listrik dari *generator set* (*genset*) yang digunakan dalam keadaan darurat (*emergency*). Sistem kelistrikan 20 KV RSUP Sanglah saat ini disuplai oleh Gardu Induk (GI) Sanur melalui dua buah penyulang yaitu, dalam keadaan normal RSUP Sanglah disuplai oleh Penyulang VIP II (Trafo III) dan mendapat *back up* dari Penyulang Expres UNUD (Trafo I) bila terjadi gangguan pada pada Penyulang VIP II. Selain itu kedua penyulang tersebut juga terhubung pada Gardu Hubung (GH) UNUD yang terkoneksi pada salah satu penyulang dari GI Pesanggaran.

Pada sistem kelistrikan di RSUP Sanglah, listrik didistribusikan ke seluruh wilayah Rumah Sakit dengan menggunakan 2 sistem atau saluran yaitu saluran normal dan saluran *emergency*. Pada saluran normal, RSUP Sanglah memiliki 5 buah MDP, yang mana pada masing-masing MDP terdapat dua buah transformator tenaga yang menyuplai beban-beban pada MDP tersebut. Suplai listrik dari PLN didistribusikan menuju ke *Main Power House* yang kemudian didistribusikan ke masing-masing MDP. Dari masing-masing MDP, daya listrik kemudian disalurkan ke MLTP yang selanjutnya menuju DP (*Distribution Panel*), dan dari DP disalurkan ke beban.

Hasil pengukuran THDi dan THDv pada MLTP seperti pada tabel 5 dan 6 berikut.

**Tabel 5. Kandungan THD Arus hasil Pengukuran**

MDP	MLTP	Pengukuran THD (%)	Standar IEEE 519 1992 THD (%)	Ket.
1	MLTP1	5.4	8.0	Sesuai
	MLTP2	10.4	15.0	Sesuai
2	MLTP1	10.9	12.0	Sesuai
	MLTP2	10.2	8.0	Tidak Sesuai
3	MLTP1	10.3	8.0	Tidak Sesuai
	MLTP2	9.9	8.0	Tidak Sesuai
4	MLTP1	7.5	8.0	Sesuai
	MLTP2	10.7	8.0	Tidak Sesuai
5	MLTP1	6.4	8.0	Sesuai
	MLTP2	17.2	8.0	Tidak Sesuai
	MLTP3	9.1	8.0	Tidak Sesuai

Simulasi dilakukan hanya pada MDP yang memiliki kandungan THD yang tidak sesuai dengan standar yang digunakan. Dalam hal ini tingkat kandungan THD arus pada feeder MLTP yang disimulasikan, diantaranya :

- Feeder Trafo 2 (MLTP 2) di MDP 2

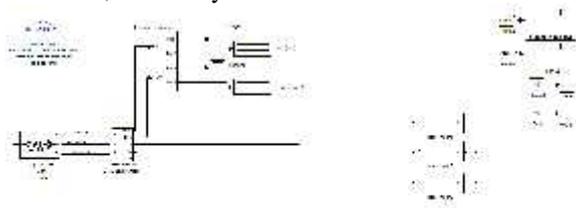
- Feeder Trafo 1 (MLTP 1) di MDP 3
- Feeder Trafo 2 (MLTP 2) di MDP 3
- Feeder Trafo 2 (MLTP 2) di MDP 4
- Feeder Trafo 2 (MLTP 2) di MDP 5
- Feeder Trafo 3 (MLTP 2) di MDP 5

Tabel 6. Kandungan THD Tegangan hasil Pengukuran

MDP	MLTP	Pengukuran THD (%)	Standar IEEE 519 1992 THD(%)	Ket.
1	MLTP1	0.3	5	Sesuai
	MLTP2	0.3	5	Sesuai
2	MLTP1	0.4	5	Sesuai
	MLTP2	0.4	5	Sesuai
3	MLTP1	0.8	5	Sesuai
	MLTP2	1.7	5	Sesuai
4	MLTP1	0.9	5	Sesuai
	MLTP2	1.6	5	Sesuai
5	MLTP1	0.6	5	Sesuai
	MLTP2	1.4	5	Sesuai
	MLTP3	1.5	5	Sesuai

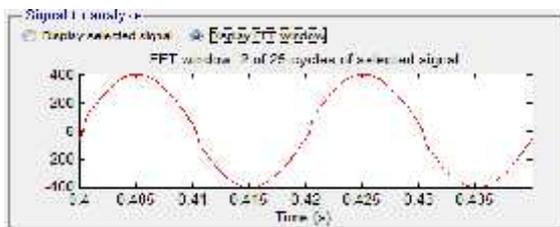
4.3 Simulasi Kandungan THD RSUP Sanglah

Simulasi kandungan THD pada feeder trafo 2 (MLTP2) di MDP 2 membutuhkan parameter sebagai berikut  $V_{trafo} = 400/231 V$ ;  $Z = 4\%$ ;  $f = 50\%$ ;  $X/R = 3,18$ ;  $R_{sumber} = 0.00767 \text{ Ohm}$  dan  $L_{sumber} = 7,67e-5 \text{ Henry}$ . Beban nonlinear sebesar 21.872,8 watt per fasa Dengan  $R_{beban}$  sebesar 2,213 Ohm dan  $L_{beban}$  sebesar 0,064 Henry.

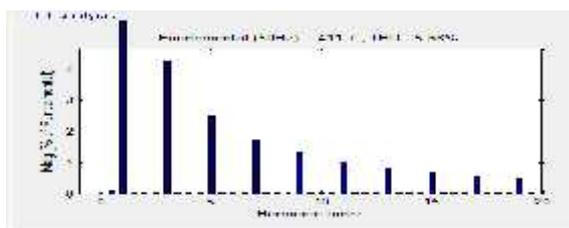


Gambar 3. Model Simulasi Kandungan THD RSUP Sanglah

Hasil simulasi arus ditunjukkan pada gambar 4 dan spektrum harmonisa ditunjukkan pada gambar 5

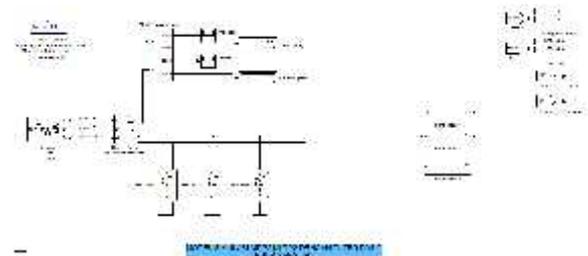


Gambar 4. Sinyal THD arus pada MDP2 MLTP2



Gambar 5. Spektrum THD arus pada MDP2 MLTP2

a. Pemasangan Filter Pasif



Gambar 6. Perancangan Filter Pasif

Sebelum perancangan filter pasif, maka perlu diketahui besarnya kebutuhan daya reaktif pada sistem. Daya reaktif pada sistem ini diperlukan untuk memperbaiki sistem tersebut. Dari simulasi telah didapat hasil bahwa besarnya daya reaktif adalah sebesar 35,39 KVar.

Perbandingan persentase harmonisa (arus) yang dominan (ketiga, kelima dan ketujuh) adalah 8,97%, 3,89%, dan 2,20%. Sehingga daya reaktif untuk masing-masing filter harmonisa :

$$Q_3 = 8,97\% \times 35.390 = 3174,483 \text{ Var}$$

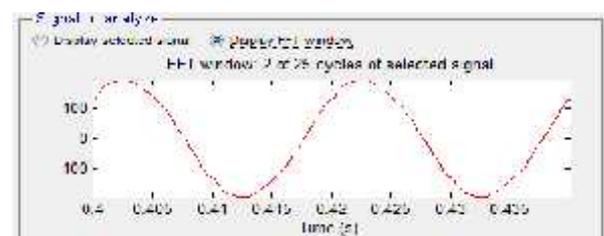
$$Q_5 = 3,89\% \times 35.390 = 1376,671 \text{ Var}$$

$$Q_7 = 2,20\% \times 35.390 = 778,58 \text{ Var}$$

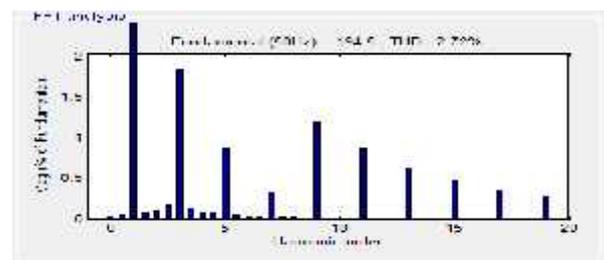
Dengan kapasitas masing masing filter sebagai berikut

Jenis Filter	Kapasitas Filter	
	C (F)	L (H)
Filter F3/ 150Hz	209e-6	5,5e-3
Filter F5/ 250Hz	91e-6	4,4e-3
Filter F7/ 350Hz	51e-6	4,04e-3

Adapun hasil simulasi arus setelah pemasangan filter pasif ditunjukkan pada gambar 7 dan spektrum harmonisanya ditunjukkan pada gambar 8.

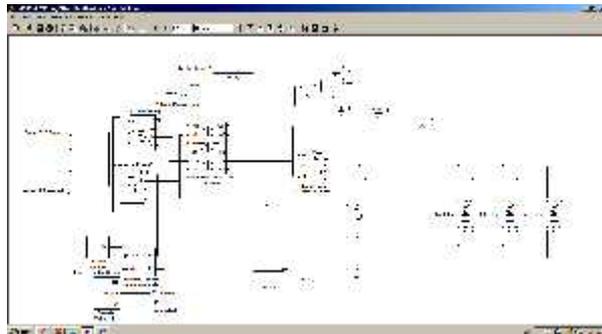


Gambar 7. Sinyal THD arus pada MDP2 MLTP2 Setelah Pemasangan Filter Pasif



Gambar 8. Spektrum THD arus pada MDP2 MLTP2 Setelah Pemasangan Filter Pasif

**b. Pemasangan Filter Hibrid Konfigurasi Seri Untuk Meningkatkan Kinerja Filter Pasif**



Gambar 9. Perancangan Filter Hibrid Konfigurasi Seri

**c. Penentuan Kapasitas Filter Pasif**

Perbandingan persentase harmonisa (arus) yang dominan (ketiga, kelima dan ketujuh) adalah 8,97%, 3,89%, dan 2,20%. Sehingga daya reaktif untuk masing-masing filter harmonisa :

$$Q_3 = 8,97\% \times 35.390 = 3.174,483 \text{ Var}$$

$$Q_5 = 3,89\% \times 35.390 = 1.376,671 \text{ Var}$$

$$Q_7 = 2,20\% \times 35.390 = 778,58 \text{ Var}$$

Dengan kapasitas masing masing filter sebagai berikut

Jenis Filter	Kapasitas Filter	
	C (F)	L (H)
Filter F3/ 150Hz	209e-6	5,5e-3
Filter F5/ 250Hz	91e-6	4,4e-3
Filter F7/ 350Hz	51e-6	4,04e-3

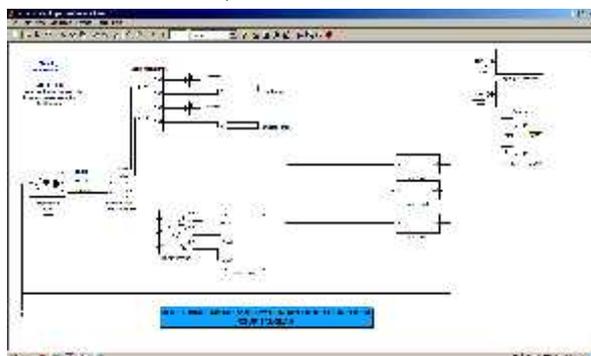
**d. Penentuan Kapasitas Filter Aktif**

Bus kapasitor dc sebagai sumber tegangan pada filter aktif memiliki nilai kapasitansi (Cdc) dan rating tegangan bus kapasitor (Vn) dimana nilai tersebut diperoleh dari :

$$V_n = \frac{V_c}{1,83} \text{ Volt} = \frac{282,8}{1,83} \text{ Volt} = 154,5 \text{ Volt}$$

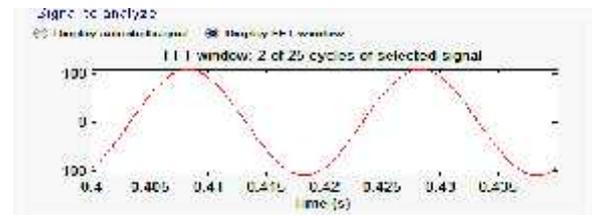
Dengan nilai Vn = 154,5 Volt maka nilai Cdc adalah

$$C_{dc} = \frac{0,0345 \times 58.980}{154,5^2} = 0,085 \text{ Farad}$$

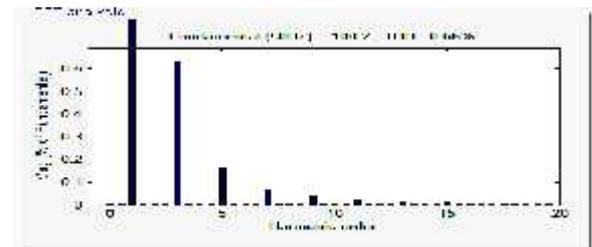


Gambar 10. Pemasangan Filter Hibrid Konfigurasi Seri pada Sistem

Adapun hasil simulasi arus setelah pemasangan filter hibrid ditunjukkan pada gambar 11 dan spektrum harmonisnya ditunjukkan pada gambar 12.



Gambar 11. Sinyal THD arus pada MDP2 MLTP2 Setelah Pemasangan Filter Pasif



Gambar 12. Spektrum THD arus pada MDP2 MLTP2 Setelah Pemasangan Filter Pasif

Tabel 7. Kandungan THD<sub>i</sub> setelah Pemasangan Filter Hibrid.

Lokasi	Standar IEEE	THD <sub>i</sub> (%)		Batas Penurunan (%)
		Penggunaan Filter Pasif	Penggunaan Filter Hibrid	
MDP2MLTP2	8,0	0,72	0,56	0,06
MDP3MLTP1	5,0	2,81	0,59	2,17
MDP3MLTP2	5,0	1,32	0,70	1,92
MDP4MLTP3	8,0	1,98	0,56	1,53
MDP5MLTP2	5,0	1,28	0,58	3,5
MDP6MLTP1	8,0	1,03	0,55	0,72

Tabel 8. Kandungan THD<sub>v</sub> setelah Pemasangan Filter Hibrid.

Lokasi	Standar IEEE	THD <sub>v</sub> (%)		Batas Penurunan (%)
		Penggunaan Filter Pasif	Penggunaan Filter Hibrid	
MDP2MLTP2	5,0	0,48	0,09	0,41
MDP3MLTP1	5,0	0,48	0,09	0,46
MDP3MLTP2	5,0	1,37	0,02	1,33
MDP4MLTP2	5,0	1,31	0,02	1,40
MDP5MLTP2	5,0	1,50	0,09	1,51
MDP6MLTP1	5,0	1,03	0,11	1,11

Tabel 9. Perbandingan Distorsi Daya antara Filter Pasif Dan Filter Hibrid

Lokasi	Feeder	Distorsi Daya (VA)		Batas Penurunan (VA)
		Filter Pasif	Filter Hibrid	
MDP2MLTP2	Feeder math 2	9484,00	500,85	1895,45
MDP3MLTP1	Feeder math 1	3402,58	530,38	1935,12
MDP3MLTP2	Feeder math 2	4440,00	510,59	6889,11
MDP4MLTP2	Feeder math 2	6290,16	551,28	5753,88
MDP5MLTP2	Feeder math 2	3807,44	575,25	3002,19
MDP6MLTP1	Feeder math 1	1611,41	506,75	1768,65
	Total	31587,65	1711,40	19955,18

## V. SIMPULAN

Dari analisis dan simulasi, maka diperoleh simpulan sebagai berikut :

1. Hasil simulasi pengoperasian filter hibrid konfigurasi seri menunjukkan bahwa filter hibrid lebih efektif menurunkan kandungan harmonisa dibandingkan penggunaan filter pasif sehingga mampu memperbaiki kinerja filter pasif dalam penurunan kandungan harmonisa pada sistem kelistrikan di RSUP Sanglah.
2. Hasil simulasi penggunaan filter hibrid konfigurasi seri sebagai upaya perbaikan filter pasif menunjukkan THD arus dan tegangan mengalami penurunan dari sebelumnya. Kandungan THD arus setelah penggunaan filter hibrid konfigurasi seri bervariasi antara 0,40% - 0,68%, dan THD tegangan bervariasi antara 0,02% - 0,11%.
3. Setelah menggunakan filter hibrid konfigurasi seri, maka distorsi daya akibat harmonisa pada sistem kelistrikan RSUP sanglah yang semula 23,26 KVA menurun menjadi 3,32 KVA, dengan total penurunan untuk seluruh *feeder* mencapai 19,94 KVA.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yuliana, A. 2009. **Analisis Menanggulangi THD (Total Harmonic Distortion) dengan Filter Pasif pada Sistem Kelistrikan di RSUP Sanglah**. Jimbaran : Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana.
- [2] Limantara, L. 2002. **Hybrid Active Filter Untuk Meredam Resonansi Harmonisa pada Pembangkitan di Industri**. Surabaya : Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Petra.
- [3] Tanoto, Y. 2006. **Simulasi Filter Aktif Hibrid Konfigurasi Seri- Seri dan Unjuk Kerjanya dalam Meredam Harmonisa pada Induction Furnace**. Surabaya : Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Petra.
- [4] Buhron, H ; Sutanto, J. 2001. **Implikasi Harmonisa dalam Sistem Tenaga Listrik dan Alternatif Solusinya**. Banten : Dept. Teknik Energi Politeknik Negeri Bandung.
- [5] Purwaantaka, E. 2009. **Analisis Penggunaan Filter Aktif Shunt untuk Menanggulangi THD (Total Harmonic Distortion) di RSUP Sanglah**. Jimbaran : Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana.
- [6] Duffey, C. K. 1989. **Update of Harmonic Standard IEEE-51**. IEEE Transaction on Industry Application, Vol.25. No.6, November 1989.