

ANALISIS PENGGUNAAN FILTER AKTIF SHUNT UNTUK MENANGGULANGI THD DI RSUP SANGLAH

I Wayan Rinas^{*)}, Antonius Ibi Weking^{*)}, I Md Eddy Purwa A.^{)}**

^{*)}Staff Pengajar Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Bali, 80361

^{**)} Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Abstrak

Rumah Sakit Umum Pusat Sanglah (RSUP) memiliki tingkat THD (Total Harmonics Distortion) arus yang tidak sesuai dengan standar IEEE 159-1992. THD arus yang berlebih dapat menyebabkan berbagai kekurangan. Untuk mengatasi masalah ini digunakan filter aktif shunt berbasis inverter. Dalam penelitian ini dilakukan simulasi penggunaan filter aktif menggunakan software simulink MATLAB 7.0.4

Hasil analisis menunjukkan pemasangan filter aktif menyebabkan terjadi penurunan kandungan THD arus dan THD tegangan pada feeder yang bermasalah. Kandungan THD arus dan THD tegangan telah sesuai dengan IEEE 152-1992. Daya distorsi harmonisa pada sistem mengalami penurunan dan terjadi peningkatan faktor daya mendekati unity power factor pada feeder.

Kata kunci : harmonisa, inverter dan filter aktif

1 PENDAHULUAN

Kandungan harmonisa yang tinggi di RSUP Sanglah dapat mengganggu kinerja peralatan-peralatan kedokteran yang bersifat sensitif, menyebabkan umur pemakaian peralatan menjadi berkurang. Selain itu menyebabkan rugi-rugi daya pada sistem meningkat, pemanasan berlebih pada transformator, penghantar netral mengalami pemanasan akibat peningkatan arus. Peralatan pengaman mengalami trip yang tidak jelas serta mempengaruhi kinerja alat ukur yang ada pada sistem tenaga listrik.

Sistem kelistrikan pada RSUP Sanglah sendiri pada line normalnya terdiri dari lima buah *Main Distribution Panel* (Gardu Bangunan/MDP/Kios) yang terpasang begitu banyak beban nonlinear. Masing-masing MDP memiliki sub-terminal berupa MLTP (*Main Low Terminal Panel*). RSUP Sanglah mendapat pasokan dari PLN (20kV) dan generator set pada keadaan emergency. Data hasil pengukuran pada *feeder* di tiap-tiap MDP di RSUP sanglah menunjukkan kandungan THD (*Total Harmonic Distortion*) arus pada *feeder* trafo 2 pada MDP 2, *feeder* Trafo 1 dan 2 pada MDP 3, *feeder* 2 trafo 2 pada MDP 4 serta *feeder* trafo 2 dan 3 pada MDP 5 memiliki kandungan harmonisa yang tidak sesuai dengan Standar IEEE 512 Tahun 1992, yaitu lebih dari 8 %.

Salah satu upaya untuk meminimalisasi harmonisa adalah penggunaan filter aktif. Filter aktif juga dapat meningkatkan faktor daya sistem dan juga tidak menghasilkan resonansi pada sistem. Filter aktif yang digunakan adalah filter aktif shunt dengan menggunakan *conventional* PWM (*Pulse Width Modulation*) based inverter.

Dari permasalahan tersebut diadakan penelitian untuk mengetahui penggunaan filter aktif shunt untuk menanggulangi THD arus di Rumah Sakit Umum Pusat (RSUP) Sanglah. Hasil analisis berguna untuk

mengetahui tingkat kandungan THD arus setelah penggunaan filter aktif apakah telah sesuai standar yang diperbolehkan.

Penelitian ini menggunakan filter aktif shunt dengan PWM konvensional berbasis inverter dimana sistem diasumsikan dengan sistem beban seimbang. Simulasi menggunakan Simulink.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Harmonisa Pada Sistem Tenaga Listrik

Harmonisa merupakan suatu fenomena yang timbul akibat pengoperasian beban listrik non linier, yang merupakan sumber terbentuknya gelombang frekuensi tinggi (kelipatan dari frekuensi fundamental, misal: 100Hz, 150Hz, 200Hz, 300Hz, dan seterusnya). Tingkat kecacatan seringkali dinyatakan dengan *Total Harmonic Distortion* (THD), yang dinyatakan sebagai berikut (pada contoh ini misalkan untuk arus) (Ariilaga,1985):

$$THD_i = \frac{\sqrt{I_{rms}^2 - I_1^2}}{I_1} \times 100 \% \quad (2.1)$$

2.2 FFT

Fast Fourier Transform (FFT) adalah salah satu metode analisis sinyal yang handal, banyak digunakan untuk analisis sinyal digital. (Brigham,1988)

$$X(f) = F\{x(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad (2.2)$$

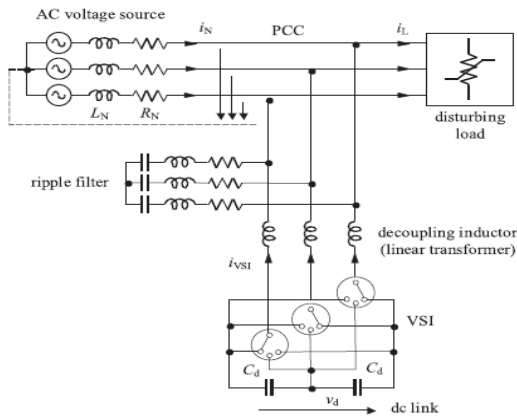
Dimana $x(t)$ adalah time domain sinyal, dan $X(f)$ adalah transformasi fourier.

2.3 Filter Aktif Harmonik

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. (Salam, 2006)

Konsep filter aktif dengan *PWM (Pulse Width Modulation)* 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. (Suresh,2008)



Gambar 1. Skema Filter aktif konvensional (PWM-VSI) (Suresh,2008)

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 frekwensi 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*.

2.4 Ripple

Ripple factor (*Y*) didefinisikan sebagai perbandingan antara nilai rms dari tegangan ripple pada komponen dc pada output tegangan. Dapat juga dikatakan *ripple voltage* merupakan nilai *peak-to-peak* dari output tegangan.

Dan untuk *ripple factor* dapat di formulasikan sebagai berikut

$$RF = \frac{1}{4\sqrt{3} \cdot f \cdot C \cdot R} \tag{2.3}$$

$$RF = \frac{0.236R}{\omega L} \tag{2.4}$$

Dimana,

V_{pp} adalah tegangan peak-to-peak ripple

I adalah arus pada sirkuit

f adalah frekwensi sistem AC

C adalah kapasitansi

R adalah resistansi

2.5 Karakter DC Bus

$$V_n \text{ tegangan kapasitor} = \frac{V_c}{1,83} \text{ Volt} \tag{2.5}$$

$$C_{dc} = \frac{0.0345 \times S_n}{V_n^2} \text{ Farad} \tag{2.6}$$

Dimana V_c merupakan nilai rms dari tegangan sumber (V_s)

2.6 Standar IEEE 519-1992

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

Tabel 1. Standar IEEE 519-1992

| 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 harmonics 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-by-case evaluation is requaired | | | | | | |

Sumber : Duffey, C. K ; Stratford, R. P, 1989

3 METODE PENELITIAN

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari data-data yang telah ada di RSUP Sanglah, antara lain :

1. Data *single line diagram* sistem kelistrikan di RSUP Sanglah.
2. Data jumlah dan kapasitas beban nonlinear yang terpasang pada *feeder* trafo daya di tiap-tiap MDP.
3. Data teknik trafo daya masing-masing MDP.
4. Data panjang dan spesifikasi *feeder*
5. Data pengukuran THD arus pada *feeder* trafo daya di tiap-tiap MDP

Analisis sistem dilakukan dengan simulasi menggunakan MATLAB simulink seperti ditunjukkan pada **gambar.2**. Terlebih dahulu beban non linear dikelompokkan sehingga simulasi terdiri dari komponen penting seperti Sumber tiga phase, feeder serta beban non linear. Sumber tiga phase ..

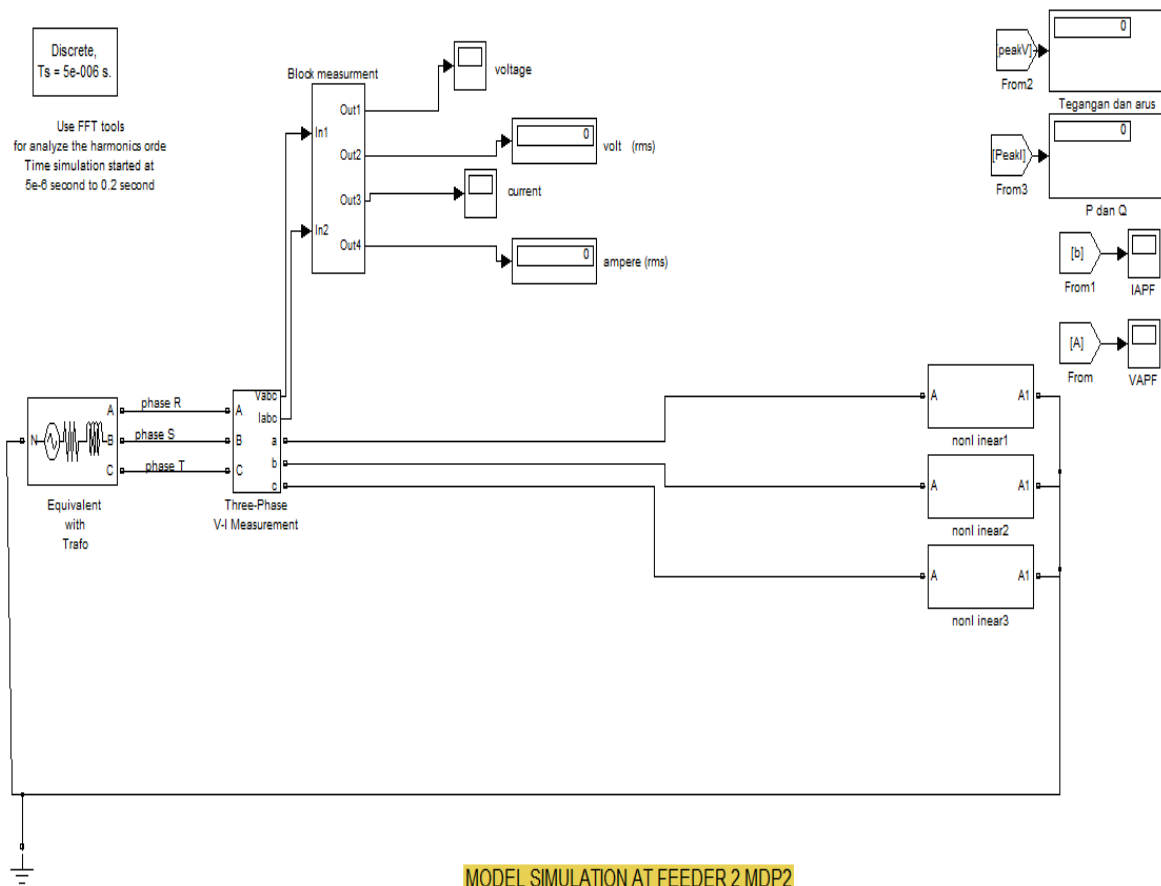
identik dengan komponen sekunder dari trafo dan beban non linear berupa diode sebagai penyumbang harmonisa terbesar pada sistem.

4 PEMBAHASAN

Terdapat 6 feeder trafo yang bermasalah 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

Dimana keenam feeder tersebut memiliki kandungan harmonisa yang tidak sesuai seperti tabel 2.



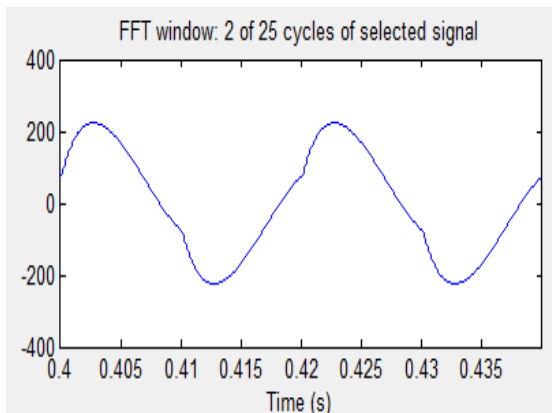
Gambar 2. Model Simulasi

4.1 Simulasi Tanpa Filter

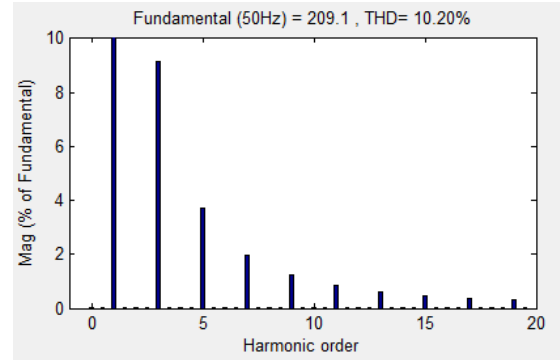
Simulasi pada feeder trafo 2 (MLTP2) di MDP 2 membutuhkan parameter sebagai berikut:

- sumber tiga fasa ekuivalen dengan sekunder trafo pada feeder tersebut. Dimana parameter trafo adalah:
 $V_{trafo} = 400/231 \text{ V}$, $Z = 4\%$, $f = 50\%$, $X/R = 3,18$,
 $R_{sumber} = 0.00767 \text{ Ohm}$ dan $L_{sumber} = 7,67e-5 \text{ Henry}$
- Beban nonlinear sebesar 28680,3 watt per fasa
- Dengan R beban sebesar 1,69 Ohm dan L beban sebesar 0,037 Henry.

Dimana hasil simulasi arus ditunjukkan pada gambar.3 dan spektrum harmonisa ditunjukkan pada gambar.4



Gambar 3. Hasil Simulasi



Gambar 4. Spektrum Harmonisa

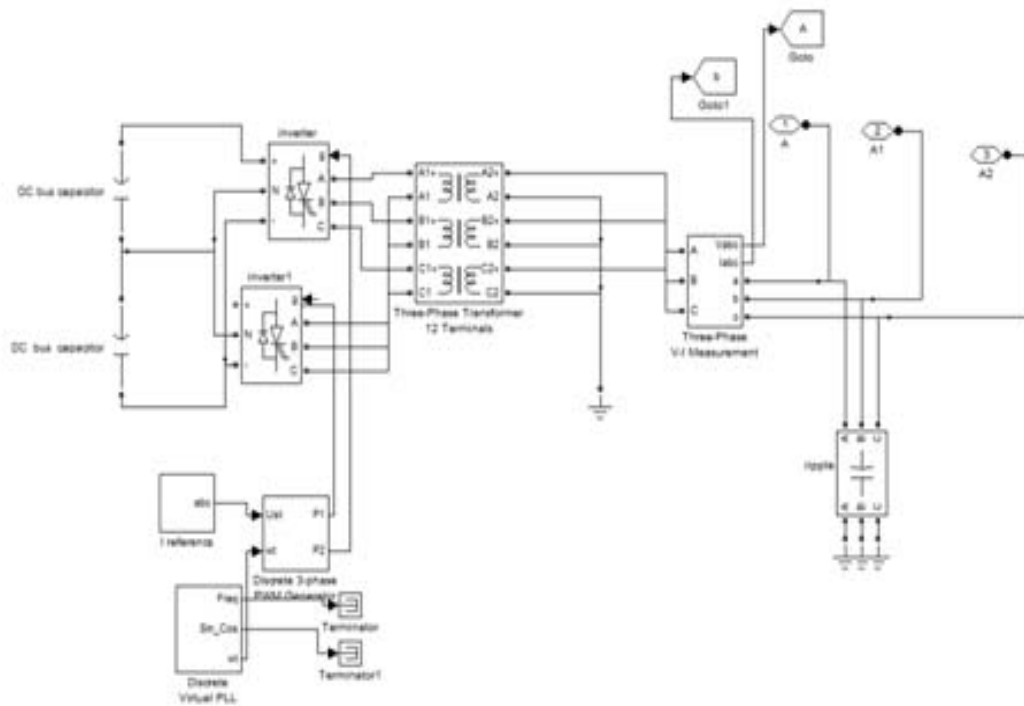
Hasil simulasi sebelum penggunaan filter THD arus sebesar 10,20 % sedangkan setelah filter aktif dipasang, THD arus menjadi 6,97%. Dan Faktor daya meningkat dari 0,83 menjadi 0,99. Untuk hasil simulasi pada feeder trafo yang lainnya dapat dilihat pada tabel 3.

4.2 Simulasi dengan Pemasangan Filter

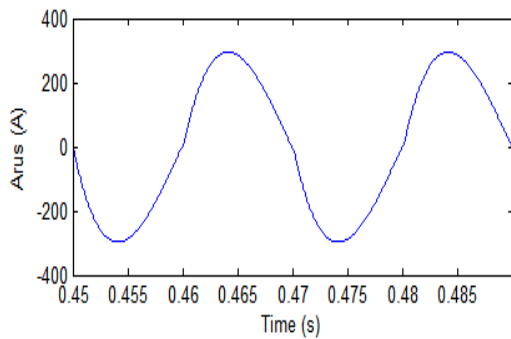
Pada feeder trafo 2 MDP 2 daya semu terukur adalah 73250 VA, $V_{p-p} = 400 \text{ Volt}$, $F = 50\text{Hz}$, Tegangan kapasitor (V_n) = 154,5 V, dan Kapasitansi Dc Bus(C_{dc}) = 0,1 farad. Dimana Model Filter aktif ditunjukkan pada gambar 5. Hasil simulasi ditunjukkan pada gambar 6 dan 7.

Tabel 3. Hasil Simulasi Untuk Semua Feeder

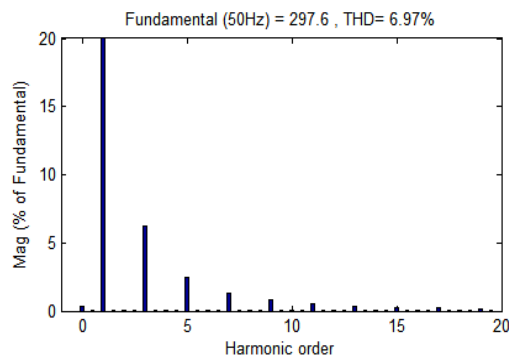
| NO | TEMPAT | THD I (Arus) | | | IEEE 519-1992 | Sesuai Standar/ Tidak |
|----|--------------------|--------------|---------------|------------|---------------|--------------------------|
| | | Tanpa Filter | Dengan Filter | $\Delta\%$ | | |
| 1 | Feeder trafo2 MDP2 | 10,20 % | 6,97 % | 3,23 | 8,0 % | Sesuai |
| 2 | Feeder trafo1 MDP3 | 10,29 % | 6,68 % | 3,61 | 8,0 % | Sesuai |
| 3 | Feeder trafo2 MDP3 | 9,88 % | 7,52 % | 2,36 | 8,0 % | Sesuai |
| 4 | Feeder trafo2 MDP4 | 10,55 % | 7,78 % | 2,77 | 8,0 % | Sesuai |
| 5 | Feeder trafo2MDP5 | 17,24 % | 7,66 % | 9,58 | 8,0 % | Sesuai |
| 6 | Feeder trafo3MDP5 | 9,84 % | 6,27 % | 3,57 | 8,0 % | Sesuai |



Gambar 5. Model Filter Aktif



Gambar 5. Hasil Simulasi



Gambar 7. Spectrum Harmonisa

5 KESIMPULAN

Dari hasil simulasi dapat disimpulkan beberapa hal :

1. Dengan pemakaian filter aktif konvensional berbasis inverter kandungan THD arus dan THD tegangan mengalami penurunan. Kandungan THD arus dan tegangan memenuhi standar IEEE 519-1992.
2. Kandungan THD arus setelah pemakaian filter menyentuh nilai terendah pada 6,27 % pada feeder trafo 3 MDP 5 hingga nilai tertinggi pada 7,78% terletak pada feeder trafo 2 MDP 4, dimana penurunan THD arus mencapai 9,58 % pada feeder trafo 2 MDP 5. Kandungan THD tegangan setelah pemakaian filter menyentuh nilai terendah pada 0,56 % pada feeder trafo 3 MDP 5 hingga nilai tertinggi pada 2,26% terdapat pada feeder trafo 2 MDP 3, dimana penurunan THD tegangan mencapai 0,12 % pada feeder trafo 2 MDP 4.
3. Salah satu keunggulan filter aktif yaitu peningkatan faktor daya, hasil analisis menunjukkan di seluruh feeder yang disimulasikan peningkatan faktor daya mencapai nilai yang mendekati unity power factor yaitu 0,99. Begitu juga daya distorsi mengalami penurunan dengan total penurunan untuk keseluruhan feeder adalah 5,4661 kVA.

6 DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arrillaga. 1985. *Power System Harmonic*. USA John Wiley & Son Ltd.
- [2] Brigham. 1987. *The Fast Fourier Transform and its Applications*. New Jersey: Prentice Hall.
- [3] Buhron ; Sutanto. 2001. **Implikasi Harmonisa dalam Sistem Tenaga Listrik dan Alternatif Solusinya**. Dept. Teknik Energi Politeknik Negeri Bandung, Dept. Teknik Elektro Universitas Siliwangi Tasikmalaya dan Staf Operasi Distribusi PLN Distribusi Jawa Barat dan Banten.
- [4] Duffey ; Stratford.1989. *Update of Harmonic Standard IEEE-519 : IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems*. IEEE Transaction on Industry Applications, Vol. 25. No. 6, November / December 1989.
- [5] Dugan, ; Rzy. 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").
- [6] Salam Z,dkk. 2006. *Harmonics Mitigation Using Active Power Filter: A Technological Review*. Department of Energy Conversion, Faculty of Electrical Engineering, University Teknologi Malaysia, ELEKTRIKA, 8(2), 2006, 17-26.
- [7] Sekaran dkk. 2007. *Analysis And Simulation Of A New Shunt Active Power Filter Using Cascaded Multilevel Inverter*. Department of Electrical and Electronics Engineering, Coimbatore Institute of Technology, Coimbatore, Tamil Nadu, INDIA.