

PENGURANGAN HARMONISA DENGAN FILTER PASIF PADA TEGANGAN RESIDENSIAL BEBAS SIMULASI MATLAB

Kasmir

Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya
Jalan Srijaya Negara Bukit Besar Palembang

Telp. (021)79195268 Emile: odum_kasmir@yahoo.com

Abstrak

Penggunaan beban elektronik pada tegangan Residensial atau perumahan, seperti televisi, lampu hemat energi, ballast elektronik, komputer, dan printer sudah menjadi kebiasaan dimasyarakat moderen. Namun, penggunaan peralatan elektronik ini sedang menciptakan segala keprihatinan karena dapat menyebabkan masalah pada harmonisa arus bolak-balik dalam sistem distribusi listrik. Ini beban elektronik biasanya disebut non-linear beban. Tujuan dari penelitian ini adalah pengurangan harmonisa dengan Pasif pada tegangan residensial berbasis Simulasi MATLAB. Metode yang digunakan adalah pengukuran konten harmonisa di setiap beban non-linier yang digunakan pada tegangan residensial (rumah tinggal) dan pengurangan pengaruh non-linear beban dengan filter pasif. Berdasarkan THD (Total Harmonik Distorsi) yang THD_v (tegangan) telah sudah standar dan THD_i (arus) tidak cocok dengan standar handal yang Standar IEEE 519-1992. Hasil THD_i (arus) sebelum itu dipasang filter 23,70% dan setelah dipasang filter pasif dengan L 3,02 mH dan C bervariasi antara 150-470 mikro Farad, THD arus berkurang menjadi 19,19%, 16,07%, 7,26% dan 5,8%. Dengan memasang filter pasif, THD_i (arus) sudah berkurang. Dengan demikian, THD_i (arus) didapat telah memenuhi Standar IEEE 519-1992.

Kata kunci: Beban Non-linear, Harmonisa, Filter pasif dan Matlab

Abstract

The using of electronic technology and electronic power in vorage residential or house, such as television, energy saving light, ballast electronic, computer, and printer. But, the using of those electronic appliances lately are creating any concerns because they caused the problem on harmonics of alternating current in electricity distribution system. This electronic load is usually referred to non-linear load. The purpose of this thesis is reduction the influence of non linear load on the voltage of residential quality with Passive Filter MATLAB Simulation. The method used is measurement of harmonics content in each of non-linear load that used to use for resident voltage (dwelling house) and reduction the influence of non-linear load with passive filter. Based on the THD (Total Harmonics Distortion) that THD voltage had been already standard and THD current is not suitable to the reliable standard that is IEEE Standard 519 – 1992. The result of THD_i before it's installed filter is 23,70 % and after installed passive filter with L 3,02 mH and C varied between 150 – 470 micro Farad, THD_i is reduced to 19,19%, 16,07%, 7,26% and 5,8%. By installing the passive filter, THD current is being reduced. Thus, THD current is reliable IEEE Standard 519 – 1992.

Key words: Non-linear load, harmonics, passive filter and Matlab

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linier dan beban non linier. Beban linier adalah beban yang memberikan bentuk gelombang keluaran yang linier artinya arus yang mengalir sebanding dengan impedensi dan perubahan tegangan. Sedangkan beban non linier adalah bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dengan tegangan dalam setiap setengah siklus sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya (mengalami distorsi). Beban non linier yang umumnya

merupakan peralatan elektronik yang didalamnya banyak terdapat komponen semi konduktor, dalam proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan. Proses kerja ini akan menghasilkan gangguan atau distorsi gelombang arus yang tidak sinusoidal.

Kecenderungan penggunaan beban non linear dalam jumlah besar dalam selang waktu kira-kira duapuluh tahun terakhir pada saat ini telah menimbulkan masalah yang tidak terkirakan sebelumnya. Berbeda dengan beban listrik yang menarik arus sinusoidal (sebutuk dengan tegangan

yang menyuplainya), beban-beban non linear menarik arus dengan bentuk nonsinusoidal, walaupun disuplai dari sumber tegangan sinusoidal. Beban yang memiliki sifat ini disebut sebagai beban non linier. Beberapa contoh beban non linier antara lain : Lampu Hemat Energi, Televisi, Komputer, Printer, Lampu *fluorescent* yang menggunakan elektronik ballast.

Arus yang tidak berbentuk sinusoidal tersebut mengintrodusir 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 ternyata menimbulkan sangat banyak implikasi negatif, baik bagi pelanggan maupun *power provider*. Kerugian akibat harmonisa mencakup aspek teknis, biaya dan keandalan.

1.2. Permasalahan

Pada thesis ini permasalahan yang diangkat adalah bagaimana mengurangi pengaruh pemakaian beban non linier pada tegangan residensial dengan filter pasif berbasis simulasi MATLAB

1.3 Tujuan dan manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

- a. menentukan nilai THD pada tegangan residential atau tegangan 220 Volt
- b. membuat simulasi computer dengan SIMULINK menggunakan filter pasif pada pariasi beberapa beban nonlinier.
- c. menentukan nilai nilai filter pasif yang sesuai agar diperoleh hasil yang optimum.

Diharapkan Manfaat dari Penelitian ini adalah :

- a. Dapat berguna bagi semua orang dan khususnya industri yang menggunakan beban nonlinear
- b. Sebagai acuan atau rujukan dalam perkembang IPTEK terutama untuk masalah yang sama.

1.4 Metodologi Penelitian

- 1. Melakukan suatu studi iteratur (keustakaan) melalui sejumlah artikel dan buku – buku yang berhubungan dengan topik yang dibahas.

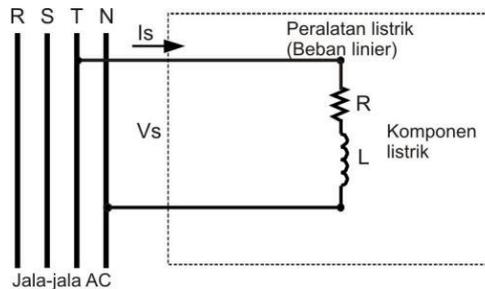
- 2. Konsultasi dengan Dosen Pembimbing.
- 3. Membuat simulasi komputer dengan *SIMULINK* untuk mendapatkan nilai-nilai dan bentuk gelombang dari arus, tegangan sebagai pengganti percobaan laboratorium

2. Tinjauan Pustaka

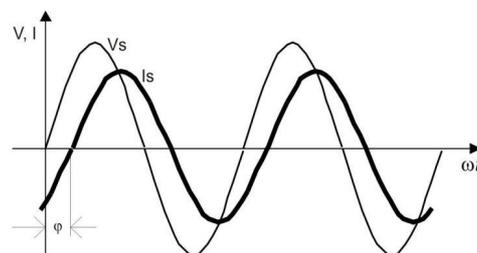
2.1.. Karakteristik Beban Linier

Beban linier merupakan beban listrik yang digunakan jika tidak berpengaruh pada bentuk gelombang (sinus) sumbernya, karena naik dan turunnya arus (gelombang) sesuai atau proposional dengan bentuk gelombang tegangan. Bila tegangan sumber sinusoidal maka arus yang melewati beban harus sinusoidal juga. Beban linier tidak mempengaruhi karakteristik pada tegangan, arus, frekuensi, dan bentuk gelombang, artinya bentuk tidak berubah (tetap).

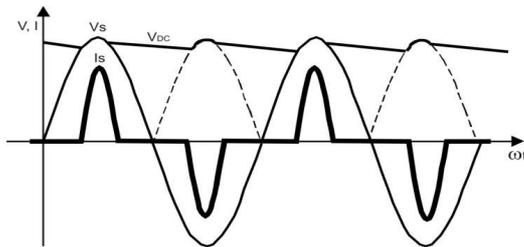
Untuk mengetahui karakteristik beban linier ,bentuk gelombang dan spektrumnya dapat dilihat seperti pada Gambar 1. ,Gambar 2 dan Gambar 3



Gambar 1 Rangkaian Pengganti untuk Beban Linier [6]



Gambar 2 Bentuk Gelombang dan Arus Beban Linier [6]



Gambar 3. Spektrum Arus Harmonisa Beban Linier [6]

Apabila tegangan jala-jala sistem mensuply beban adalah

$$V_s(t) = \sqrt{2} V_s \sin \omega t \dots\dots\dots(1)$$

dan impedansi beban (peralatan listrik) adalah

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \dots\dots\dots(2)$$

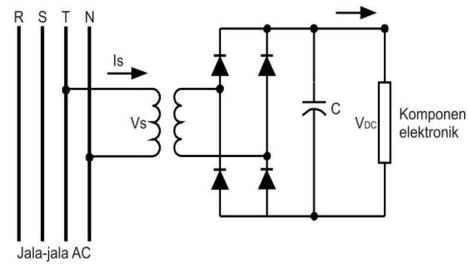
maka arus jala-jala yang di tarik oleh beban adalah

$$I_s(t) = \sqrt{2} I_s \sin (\omega t - \varphi) \dots\dots\dots(3)$$

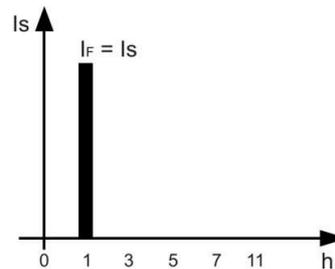
2.2. Karakteristik Beban Non-linier

Beban non-linier adalah beban yang bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dengan tegangan dalam setiap setengah siklus sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya. Beban nonlinier menarik arus dengan bentuk nonsinusoidal, walaupun disuplai dari sumber tegangan sinusoidal.

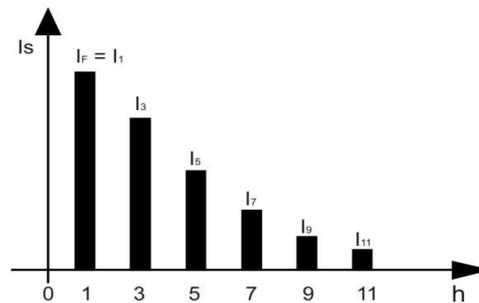
Untuk mengetahui karakteristik beban non linier satu fasa dapat diambil suatu pendekatan dengan menggunakan rangkaian penyearah satu fasa gelombang penuh yang dilengkapi dengan kapasitor perata tegangan DC seperti pada Gambar 4. Adanya kapasitor C ini dimaksudkan untuk mendapatkan tegangan DC yang relatif murni yang dikehendaki untuk operasi komponen elektronik. Namun akibatnya arus pada jala-jala sistem Is hanya akan mengalir pada saat terjadi pengisian muatan kapasitor C, yaitu di daerah puncak gelombang tegangan jala-jala, sehingga bentuk gelombang arus Is tidakproporsional lagi terhadap tegangannya (non-linier) dan mengalami distorsi (non- sinusoidal), seperti yang diperlihatkan pada Gambar .4,.5 dan 6



Gambar 4 Rangkaian Pengganti untuk Beban Non-linier [6]



Gambar 5 Bentuk Gelombang Arus dan Tegangan Beban Non-linier [6]



Gambar 6 Spektrum Arus Harmonisa Beban Non-linier [6]

Berdasarkan analisis Fourier, arus Is yang non-sinusoidal akan terdiri dari arus fundamental dan komponen arus mengandung harmonisa, yang dinyatakan sebagai[1],[2],[6] :

$$I_s(t) = \sqrt{2} I_{s1} \sin (\omega t - \varphi_1) + \sum_{h=3}^{\infty} \sqrt{2} I_{sh} \sin(h\omega t - \varphi_h) \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

Is adalah arus pada utility

Is1 adalah nilai rms komponen arus fundamental

Is h adalah nilai rms komponen arus harmonisa orde ke h

H adalah orde harmonisa (h = 2, 3, 4,.....)

Secara teoritis, besarnya arus harmonisa orde h berbanding terbalik dengan orde harmonisa, yaitu :

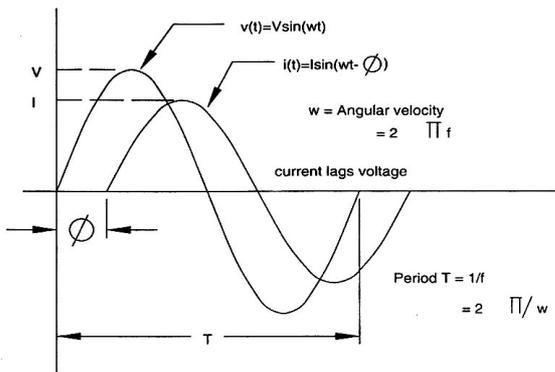
$$I_h = \frac{I_1}{h} \dots\dots\dots(5)$$

Dengan demikian arus dari beban elektronik satu fasa akan terdiri dari arus fundamental I_F yang sama dengan I_{s1} dan sejumlah komponen arus harmonisa I_{Sh} .

Spektrum arus harmonisa dari beban elektronik ini diperlihatkan pada Gambar 6. Karena arus jala-jala berbentuk gelombang bolak-balik yang simetris, maka hanya komponen arus harmonisa orde ganjil (harmonisa orde ke 3, 5, 7,...) saja yang dibangkitkannya.

2.3 Harmonisa

Dalam sistem tenaga listrik yang ideal, bentuk gelombang tegangan yang disalurkan ke peralatan konsumen dan bentuk gelombang arus yang dihasilkan adalah gelombang sinus murni. Seperti ditunjukkan pada gambar .7



Gambar 7 Gelombang Sinus Arus dan Tegangan [8]

Harmonisa adalah gangguan yang terjadi dalam sistem distribusi tenaga listrik yang disebabkan adanya distorsi gelombang arus dan tegangan. Distorsi gelombang arus dan tegangan ini disebabkan adanya pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamentalnya.

Harmonisa bisa muncul akibat adanya beban-beban non linier yang terhubung ke sistem distribusi. Beban non linier ini umumnya adalah peralatan elektronik yang di dalamnya banyak terdapat komponen semi konduktor, yang dalam proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan.

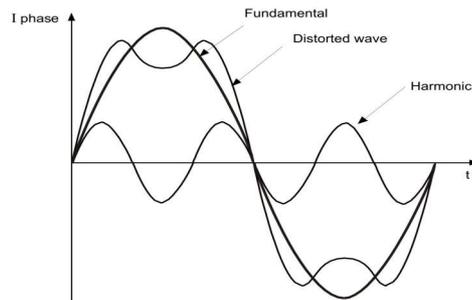
Beberapa contoh beban non linier antara lain : variable speed drive, komputer, printer, lampu fluorescent yang menggunakan elektronik ballast.

2.4 Pengertian Harmonisa

Menurut Gary W. Chang, "definition of a harmonic can be stated as: A sinusoidal component of a periodic wave having a frequency that is an integral multiple of the fundamental frequency". Harmonisa dapat dinyatakan sebagai: Suatu komponen sinusoidal dari gelombang berkala yang mempunyai suatu frekuensi yang merupakan kelipatan dari frekuensi dasarnya.

Sedangkan Nana Tribuana (1999) menyatakan bahwa harmonisa adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. 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.

Misalnya, frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50 Hz, maka harmonisa keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100 Hz, harmonisa ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150 Hz dan seterusnya. Gelombang - gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang murni/aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmonisanya, seperti diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Bentuk Gelombang Fundamental, Gelombang Harmonisa dan Gelombang Fundamental yang Terdistorsi [1],[2]

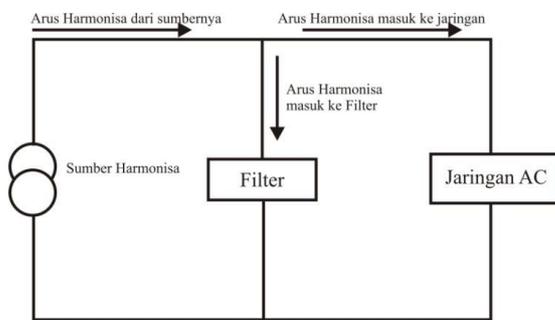
2.5 Mengurangi pengaruh harmonisa

Dengan semakin meningkatnya permasalahan mengenai harmonisa yang disebabkan semakin banyaknya penggunaan peralatan elektronika yang non linier, seperti komputer, printer dan lain-lain. Sehingga perlu dibuat suatu alat untuk dapat mengatasi permasalahan tersebut, karena harmonisa pada suatu sistem distribusi dapat menyebabkan menurunnya masa pakai dari

peralatan listrik dan dapat mengganggu jalur komunikasi dan akibat buruk lainnya.

Tujuan pokok dari filter harmonisa adalah untuk mereduksi amplitude frekuensi- frekuensi tertentu dari sebuah tegangan atau arus. Dengan penambahan filter harmonisa pada suatu sistem tenaga listrik yang mengandung sumber-sumber harmonisa, maka penyebaran arus harmonisa ke seluruh jaringan dapat ditekan sekecil mungkin. Selain itu filter harmonisa pada frekuensi fundamental dapat mengkompensasi daya reaktif dan dipergunakan untuk memperbaiki faktor daya sistem.

Filter harmonisa dipasang secara paralel dengan peralatan yang merupakan beban non linier dan sumber harmonisa. Cara pemasangan filter tersebut dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah ini[4].



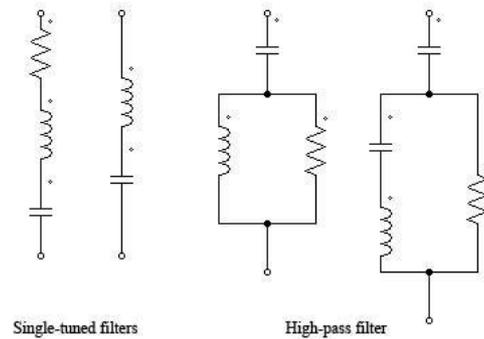
Gambar 9 Rangkaian Filter Harmonisa[4]

Salah satu jenis filter yang dapat digunakan untuk meredam harmonisa adalah filter pasif. Filter pasif dapat digunakan untuk mengatasi dan meminimalisasi arus harmonisa dan untuk memperbaiki faktor daya, akan tetapi filter pasif juga dapat menyebabkan gangguan pada sistem kelistrikan. Oleh karena itu sangat penting untuk mengecek segala kemungkinan interaksi sistem pada tempat filter dipasang. Filter pasif terdiri dari komponen seperti induktor, kapasitor dan resistor yang dirangkai dengan komponen harmonisa untuk meminimalkan arus harmonisa. Filter pasif memiliki beberapa bentuk, diantaranya yaitu: series passive filter, shunt passive filter dan low pass broad band passive filter series dan shunt filter yang biasanya ditala hanya pada salah satu frekuensi [4].

Secara umum filter harmonisa dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu:

1. Filter dengan penalaan tunggal (Single Tuned Shunt Filter)
2. Filter dengan penalaan ganda (Double Tuned Filter)
3. High Pass Damp Filter

Gambar 10 menunjukkan Diagram Elektrik Filter Pasif



Gambar.10 Diagram Elektrik Filter Pasif[2],[4]

Sebelum merancang suatu Filter pasif maka perlu diketahui besarnya kebutuhan daya reaktif pada system. Daya reaktif system ini diperlukan untuk menghitung besarnya nilai kapasitor yang diperlukan Untuk memperbaiki system tersebut.

Untuk menghitung nilai kapasitif pada Filter Pasif di gunakan rumus berikut:[4],[12]

$$C_n = \frac{Q_n}{V_{LN}^2 \omega} \dots\dots\dots(6)$$

Untuk menghitung nilai induktif pada Filter Pasif di gunakan Rumus berikut :

$$L_n = \frac{1}{(2\pi f)^2 \cdot C_n} \dots\dots\dots(7)$$

Karakter-karakter ini bergantung pada :

$$n_r = \frac{f_r}{f_1} \dots\dots\dots(8)$$

- Fr = frekuensi setting
 - f1 = frekuensi fundamental (50, hz)
- Karakteristik impedansi

$$X_o = \sqrt{\frac{L}{C}} \dots\dots\dots(9)$$

- Xo = impedansi filter
- L = induktor (mH)
- C = Kapasitor (uF)

Faktor Kualitas:

$$q = \frac{X_o}{r} \dots\dots\dots(10)$$

- q = factor kualitas
- Xo = impedansi filter
- r = tahanan inductor

Sebuah filter yang baik harus memiliki sebuah inductor dengan factor kualitas yang besar , karena itu : $r \ll X_o$ pada frekuensi settingnya. Pendekatan untuk nilai Q :75 untuk inductor inti udara dan lebih dar75 untuk inti besi.[12]

Rugi-rugi karena arus kapasitif pada frekuensi fundamental

$$P_1 = \frac{Q_{var}}{q - N_r} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana :

- P1 = rugi-rugi filter pada frekuensi daya (watt)
- Qvar = daya reaktif untuk kompensasi yang dihasilkan oleh filte
- Q = factor kualitas dari reactor
- Nr = orde resonansi

Besarnya filter yang digunakan adalah ditentukan berdasarkan daya reakti yang dibutuhkan oleh sumber harmonisa dan beberapa banyak daya reaktif yang dapat disuplai sitem distribusi listrik tersebut. Shunt filter dapat juga memperbaiki factor daya bersamaan dengan menghilangkan harmonisa. Resonansi Shunt filter terdiri dari komponen L C dengan frekuensi yang dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut ini [12]

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots\dots\dots(12)$$

Frekuensi tersebut ditala pada frekuensi arus harmonisa yang akan diredam. Prinsip dasar dari Shunt filter ini adalah untuk membatasi tiap-tiap arus harmonisa dimana filter tersebut dipasang Shunt filters merupkan rangkaian RLC seri yang ditala pada frekuensi dari salah satu orde harmonisa. Besar impedansi yang butuhkan dapat dicari dengan rumus sebagai berikut [1] :

$$Z_1 = R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \dots\dots\dots(13)$$

Shunt filters mempunyai impedansi rendah pada frekuensi resonansinya. Kualitas factor penalaan Q filter didefinisikan sebagai pebandingan antara induktansi dan kapasitansi pada resonan dengan besarnya resistansi

$$Q = \frac{X_L}{R} \dots\dots\dots(14)$$

Salah satu cara untuk meredam efek harmonisa yang disebbkkan oleh beban non-linear adalah dengan menggunakan filterpasif yang dipasang parallel dengan sumber tegangan dengan tujuan menghasilkan impedansi yang kecil untuk meminimalkan harmonisa dari sumber ke beban non-linear . Rumus dibawah ini digunakan untuk mencari besar daya reaktif (Q) pada keadaan awal dengan keadaan factor daya yang berbeda di bawah batas [12].

$$Q_1 = S \times \text{Sin} [\text{arc cos}(\theta_1)] \dots\dots(15)$$

Rumus ini dapat digunakan untuk mencari besar daya reaktif yang dibutuhkan untuk meningkatkan factor daya dari beban

$$Q_2 = S \times \text{Sin} [\text{arc cos} (\theta_2)]\dots\dots(16)$$

Maka total daya reaktif yang dibutuhkan untuk dapat meningkatkan factor daya pada beban adalah :

$$Q' = Q_2 - Q_1 \dots\dots\dots(17)$$

Untuk mencari besarnya perbandingan antara reaktansi dengan besarnya reaktansi induktif maka digunakan berikut ini:

$$X_{Filt} = \frac{V^2(1000)}{Q'} \dots\dots\dots(18)$$

$$X_{Filt} = X_{cap} - XL \dots\dots\dots (19)$$

Dimana :

- V = tegangan sistem (kV)
- Q' = daya reaktif yang di kompensasi (kvar)

Untuk mencari besarnya reaktansi kapasitif dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$X_{Filt} = \frac{X_{Filt} \cdot h^2}{h^2 - 1} \dots\dots\dots(20)$$

h = nilai penalaan (2,7 – 3) untuk menghasilkan frekuensi resonansi antara 135 – 150 Hz dan (4,7 – 5) untuk 235 – 250 Hz dan (6,7 – 7) untuk 335 – 350 Hz pada frekuensi fundamental 50 Hz [15].

Besarnya rating kapasitor yang dibutuhkan dapat dicari dengan menggunakan rumus ini :

$$C = \frac{1}{\omega X_{cap}} \dots\dots\dots (21)$$

Besarnya nilai inductor dari filter yang akan dicari dari besarnya nilai kapasitor untuk frekuensi yang ditala. Nilai penalaan yang diguknakan adalah 3f1 untuk harmonisa ke 3, 5f1 untuk harmonisa ke 5,,7f1 untuk harmonisa ke 7 . Maka nilai inductor dapat ditentukan melalui rumus berikut ini[12]:

$$X_L = \frac{X_{cap}}{h^2} \dots\dots\dots(22)$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi \times 50} \dots\dots\dots(23)$$

$$I_{Filter} = \frac{KV/\sqrt{3}}{X_{Filt}} \dots\dots\dots(24)$$

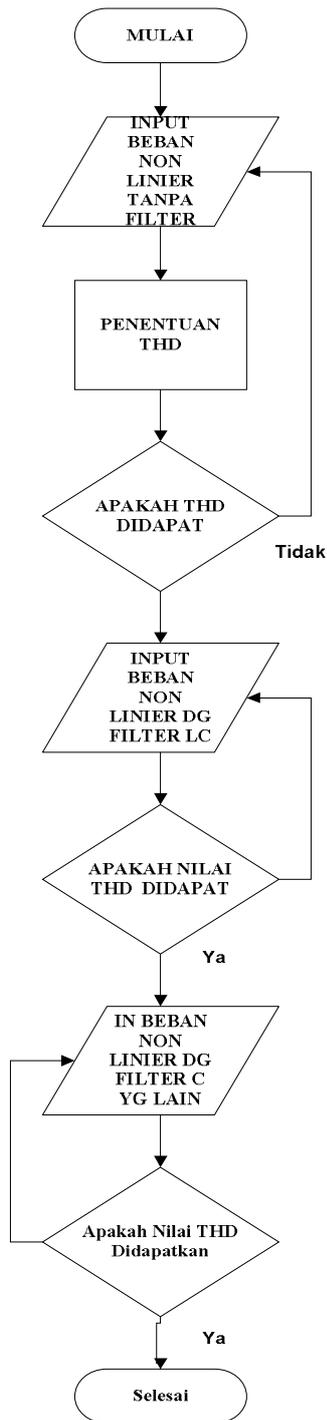
$$I_{harmonisa\ beban} = I(pu) \frac{kVA}{\sqrt{3} \times KV} \dots(25)$$

$$I_{RMS\ Total} = \sqrt{I_{Filter}^2 + I_{Harmonisa\ beban}^2} \dots\dots\dots(26)$$

Komponen utama yang terdapat pada filter adalah:

2.6. Metodologi Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian ini metodologi yang digunakan adalah sebagaimana di gambarkan pada Gambar 11



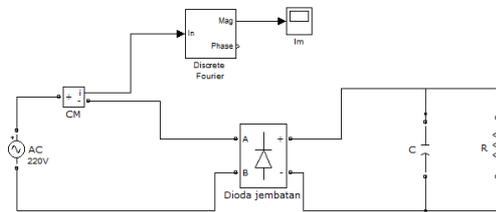
Gambar 11 Diagram aliran metodologi Penelitian yang dilakukan

2.7. Simulasi Filter Pasif,

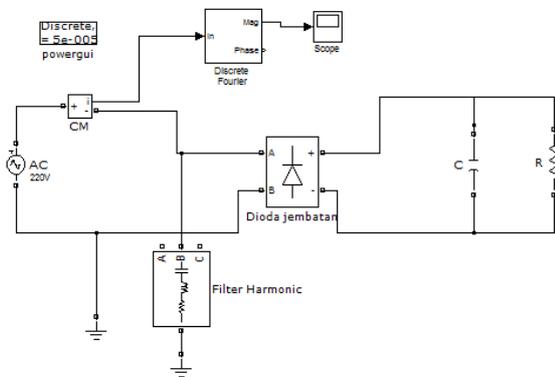
Simulasi filter pasif ini dirancang berdasarkan acuan dari gambar rangkaian filter pasif yang terlihat pada lampiran D. Rancangan simulasi filter pasif ini terdiri dari beberapa rangkaian adalah sebagai berikut:

1. Rangkaian simulasi non linier beban RC tanpa filter

2. Rangkaian simulasi non linier beban RC dengan filter Pasif L dan C, yang di variasikan
3. Rangkaian simulasi non linier beban RC dengan beberapa jenis filter (singgel tuned, Doble tuned dan Hight Pass).



Gambar 12 Rangkaian pengukuran THD beban non linier tanpa filter



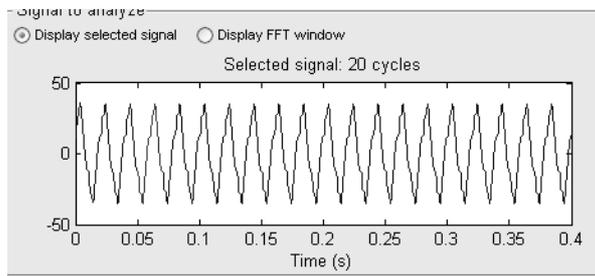
Gambar 13 Rangkaian pengukuran parameter input dan output beban non Linier dengan filter Pasif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

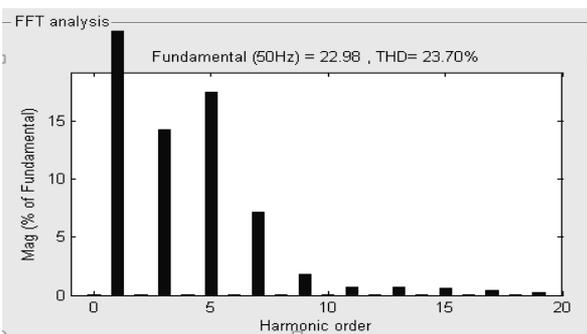
3.1. Hasil Simulasi Tanpa Filter Pada Beban Non Linier

Simulasi tanpa filter pada beban non linier adalah bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kandungan harmonisa yang dihasilkan oleh beban non linier. Simulasi ini menggunakan beban non linier dengan R sebesar 10 ohm dan C sebesar 150 mH dan R sumber 0.5 ohm dan L sumber sebesar 2.2 mH, dan sumber tegangan sebesar 220 volt hasil simulasi seperti pada gambar 4-1. dimana bentuk gelombang arus masuk beban non linier dengan jumlah cycles yang tampil sebanyak 20 dengan waktu 0,4 detik dan diseleksi pada cycles ke 3 dari gambar terlihat warna merah. Bentuk gelombang ini berubah dari gelombang fundamentalnya sinusoidal menjadi tidak sinusoidal yang terdistorsi, mengandung komponen harmonisa. Terlihat bahwa harmonisa yang timbul sebesar 23,70 % dan hanya harmonisa ganjil yaitu harmonisa ke 3 sebesar 14,21%, ke 5 sebesar 17,43%, ke 7 sebesar 7,12% dan ke 9 sebesar 1,79%. Gambar 14 dan

Gambar 15 memperlihatkan sinyal dan THD hasil simulasi beban non linier tanpa filter.



Gambar 14 Sinyal Hasil Simulasi Tanpa Filter



Gambar 15 Hasil simulasi beban non linier Tanpa Filter

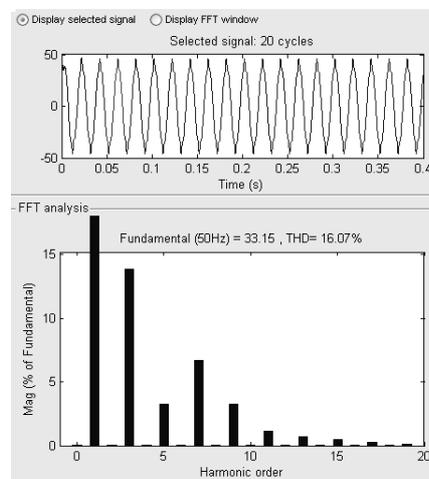
3.2. Hasil Simulasi Beban Non Linier Dengan Filter

Simulasi beban non linier dengan filter LC, dimana nilai C sebesar 152 mikro Farad dan dan L sebesar $3,02e-3$ Henry dan beban non linier sama dengan simulasi tanpa filter. Dari hasil simulasi didapat hasil kandungan harmonisa THD sebesar 19,19% berkurang sebesar 4,51% dengan rincian sebagai berikut harmonisa ke 3 ,5, 7 dan ke 9 sebesar 17,81% , 1,10% , 5,73% dan 3,83 % . Dimana harmonisa ke 5 dan ke 7 berkurang sedangkan harmonisa ke 3 dan 9 bertambah hal ini dikarenakan factor pilter L dan C yang dirancang berdasarkan perhitungan untuk menghilangkan harmonisa ke 5 .Gambar 16 memperlihatkan sinyal dan spectrum hasil simulasi dengan filter C 152 μ F.

Gambar 16 Hasil simulasi dengan filter untuk C 152 μ F

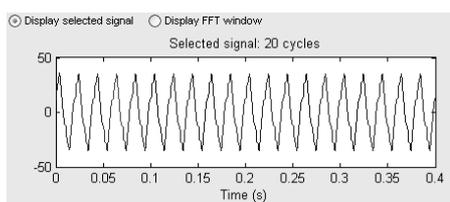
3.3. Hasil simulasi dengan filter untuk Variasi C 220 μ F

Dari simulasi dimana merubah nilai C pada filter sedangkan nilai L tetap yaitu dengan menaikan nilai C 220 μ F di dapat nilai THD 16,07%, THD berkurang sebesar 7,63%, dengan rincian perubahan seperti pada Gambar 17.



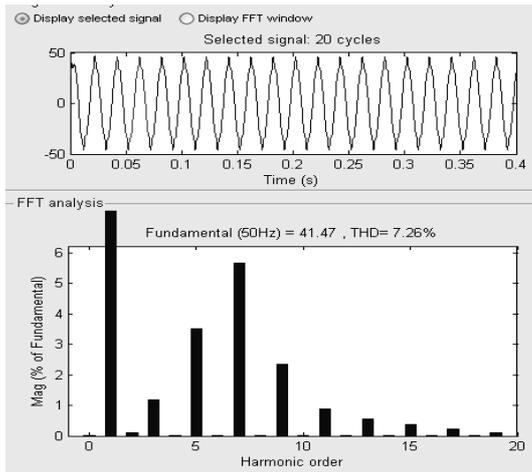
Gambar 17 hasil simulasi dengan filter untuk C 220 μ F

Perubahan harmonisa dengan menaikan nilai C 220 μ F harmonisa ke 3 berubah menjadi 13,81%, harmonisa ke 5 menjadi 3,22%, harmonisa ke 7 menjadi 6,69%, harmonisa ke 9 menjadi 3,24% dan harmonisa ke 11 menjadi 1,14%. Dari hasil simulasi ini harmonisa ke 3, 5, dan 7 berkurang dibandingkan dengan simulasi tanpa filter ini disebabkan factor kapasitor dinaikan tetapi harmonisa ke 9 dan 11 bertambah ini karena factor inductor yang tidak berubah..



3.4. Hasil Simulasi Dengan Filter Untuk C 330µF

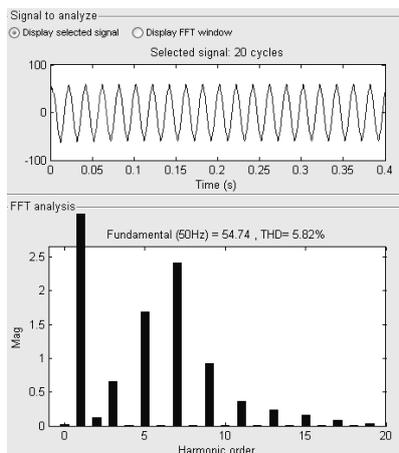
Dari hasil simulasi untuk C 330µF didapat seperti pada Gambar 4-5 dimana nilai THD berkurang dari 23,70% menjadi 7,26 % . Dengan perubahan harmonisa ke 3, 5, 7 berkurang dibandingkan dengan hasil simulasi tanpa filter dan hasil simulasi dengan filter C 220µF, sedangkan harmonisa ke 9 dan ke 11 tetap



Gambar 18 hasil simulasi dengan filter untuk C 330µF

3.5. Hasil simulasi dengan filter untuk variasi C 470µF

Untuk hasil simulasi dengan filter C 470µF THD yang dihasilkan sebesar 5,82% jauh berkurang jika dibandingkan dengan hasil simulasi tanpa filter yaitu 23,70% selisih sebesar 17,88% seperti pada Gambar 18



Gambar 19 setelah dipasang filter dengan C= 470µF

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil simulasi bahwa THD arus tanpa filter dengan beban R sebesar 10 omh dan C sebesar 150 mikro Farad adalah sebesar 23,70% , dan setelah dipasang filter L 3,02 mH dan C =(152 ,220, 330,dan 470) mikro Farad THD arus berkurang menjadi 19,19%,16,07%,7,26% dan 5,8% kondisi ini sesuai dengan standar IEEE 519-1992, yaitu 15%.
2. Untuk simulasi dengan filter singgel tuned, double tuned,high pass dan type C high pass hasil pengukur THD arus berkurang antara 19% sampai dengan 14 %
3. Untuk filter LC , yang paling besar berkurangnya THD arus yaitu pada nilai C = (330 dan 470) mikro Farad.
4. Untuk filter yang lain jenis,filter double tuned yang lebih baik pengurangan THD arus nya.

4.2. Saran

Untuk mendapatkan hasil pengurangan yang lebih baik perlu direncanakan dan perhitungan yang teliti dalam menentukan nilai komponen filter pasif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arrillaga J, D.A. Bradley, and P.S. Bodger.
Power System Harmonics. London: British Library, 1985.
- [2] De La Rosa, Francisco C.
(2006). *Harmonics and Power Systems*. New York: Taylor & Francis, LLC.
- [3] Elih Mulyana dkk, (2008). Analisis Harmonisa Arus dan Tegangan di Gedung TLK UPI, *Peneliti Kompetiti UPI*.
- [4] Hibbrand, John F., Lowenstein, Michael Z.
Using Harmonics Guard Passive Filter. Milwaukee : Trans Coil, inc. 15 Januari 2007.
- [5] I Nengah Suwedan, I Wayan Rinas, Analisa Penanggulangan THD dengan Filter Pasif Pada system Kelistrikan Di RSUP Sanglah, *Teknologi Elektro*, Vol 8 No 2 Juli-Desember 2009
- [6] Marjuni Kadang , Jon. 2006, Studi Efek Harmonisa Akibat Pengaruh Lampu Hemat Energi Other Thesis , *Petra Christian University*.
- [7] Masri Syarifudin, (2011) . Analisis Kualitas Dengan System Distribusi Tenaga Listrik Perumahan Modern, *Jurna Rekayasa Elekrika Volume 3 No 2*.
- [8] Nokian Capacitors. Harmonics Theory Mathematical Basics. 26 September 2006.
<http://www.maxsine.eu/files/harmonic_theory1006.pdf>
- [9] Steven T. Karris, Introduction to Simulink, with Engginering Applications, *orchard*, 2006.
>
- [10] Zhang, Lei. Passive Filter Design for Adjustable Speed Drive to Eliminate the 5th and 7th Harmonics. 26 september 2006.
<http://power.poly.edu/documents/lei%20Zhang%20Filter%20Report.doc> .