

Research Article

Karakteristik Transformator terhadap Arus Harmonik

Tejo Sukmadi

Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

Abstract

Electric power have become one of the primary need of modern society. Most of electrical equipments in this time represents as non linear loads. In the electric power system, a non linear load represents as harmonic source. The generated harmonic load currents will flow back into electric power source passing through the transformers. These harmonic currents will become smaller in their amplitude when passing the transformer even some higher order harmonics components will be suppressed. This research is conducted as a mean to know how far transformers could reduced harmonic currents amplitude and to investigate what higher order harmonic current compenents would be suppressed after passing the transformers.

Keywords : *Transformator, harmonic current, amplitude.*

I. LATAR BELAKANG

Dalam suatu sistem tenaga listrik yang ideal, energi mengalir dalam frekuensi yang tunggal dan konstan. Munculnya arus atau tegangan nonsinusoidal pada sistem tenaga listrik yang umumnya disebut dengan komponen harmonik. Arus harmonik yang ditimbulkan pada beban akan mengalir ke sumber tenaga listrik melalui beberapa transformator. Arus harmonik ini saat melalui transformator amplitudanya menjadi lebih kecil bahkan pada arus harmonik tertentu akan hilang. Arus harmonik yang diserap oleh transformator akan diubah menjadi panas dan akan memperkecil efisiensi transformator. transformator, yang mana penelitian ini belum pernah dilakukan.

Manfaat penelitian adalah untuk mengetahui sejauh mana tranformator menurunkan amplitude arus harmonik dan arus harmonik ke berapa yang akan hilang setelah melalui transformator

1.1 Tujuan

Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh tranformator dalam menurunkan amplitude arus harmonik dan arus harmonik ke berapa yang akan hilang setelah melaluinya.

1.2 Tinjauan Pustaka

Pada rumah tinggal terdapat piranti listrik yang dapat dipandang sebagai sumber harmonik, misalnya komputer, TV, *tape recorder*, radio, lampu hemat energi, lampu fluoresen. Meskipun arus harmoniknya kecil, tetapi apabila cacah piranti cukup besar maka dapat menimbulkan pemanasan lebih pada transformator dan saluran distribusi pencatu. (Gonen, 1986)

1.3 Landasan Teori Pengertian Harmonik

Menurut Fourier, gelombang non sinusoidal periodis kontinyu waktu dapat direpresentasikan dengan gelombang-gelombang sinusoidal yang memiliki amplitudo dan fase yang berbeda serta frekuensi yang merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi dasarnya. Gelombang sinusoidal

berfrekuensi tinggi tersebut kemudian disebut dengan gelombang harmonik. Pada dasarnya, komponen harmonik adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Hal ini disebut frekuensi harmonik, sedangkan bilangan bulat pengali frekuensi dasar disebut urutan harmonik.

Deret Fourier

Setiap gelombang periodik, yaitu yang memiliki bentuk $f(t) = f(t + T)$ dapat dinyatakan dengan deret Fourier bila memenuhi persyaratan *Dirichlet* :

- bila gelombang diskontinyu, hanya terdapat jumlah diskontinyuitas yang terbatas dalam periode T
- gelombang memiliki nilai rata-rata yang terbatas dalam periode T
- gelombang tersebut memiliki jumlah maksimum dan minimum yang terbatas dalam periode T

Fourier dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t) \dots (1)$$

$$v(t) = \sum_{h=1}^{\infty} a_h \cos(h\omega_0 + \phi_h) \dots (2)$$

$$i(t) = \sum_{h=1}^{\infty} b_h \cos(h\omega_0 + \theta_h) \dots (3)$$

Amplitude harmonik biasa dinyatakan sebagai:

$$c_h = \sqrt{a_h^2 + b_h^2}, \quad h \geq 1 \dots (4)$$

Total harmonic distortion (THD)

Setelah gelombang periodik diuraikan menjadi komponen sinusoidal, maka analisis selanjutnya adalah dengan menghitung distorsi harmoniknya. Persamaan yang digunakan untuk mengetahui distorsi harmonik masing-masing komponen adalah sebagai berikut :

$$\text{distorsi harmonik} = \frac{\text{parameter harmonik}}{\text{parameter fundamental}} \times 100\%$$

Bila parameter berupa arus maka :

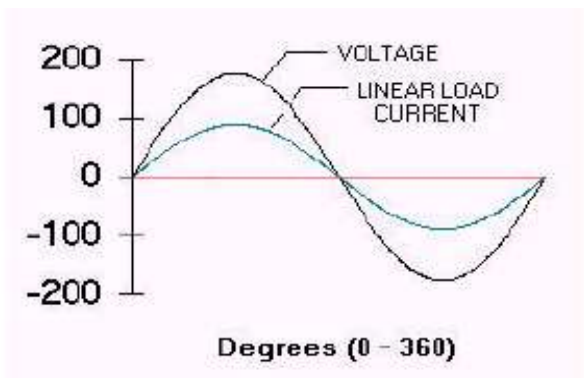
$$\text{distorsi harmonik} = \frac{I_h}{I_f} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

dengan :

I_h = arus harmonik
 I_f = arus fundamental

Sumber harmonik

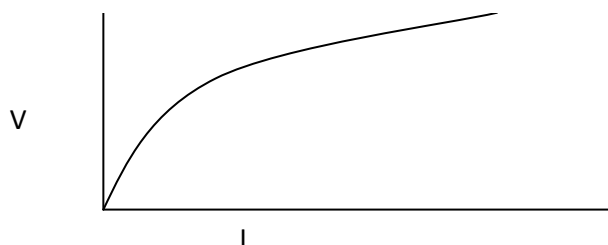
Dalam sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linier dan beban nonlinier. Beban linear adalah beban yang gelombang keluarannya sebanding dengan tegangannya. Contoh beban linear adalah motor dan lampu pijar.



Gambar 1.1 Bentuk gelombang arus dan tegangan untuk beban linear

Beban nonlinear adalah beban yang gelombang arus keluarannya tidak sebanding dengan tegangannya. Contoh beban nonlinear adalah *converter*, pengatur kecepatan motor listrik, dan lampu dengan balast elektronik.

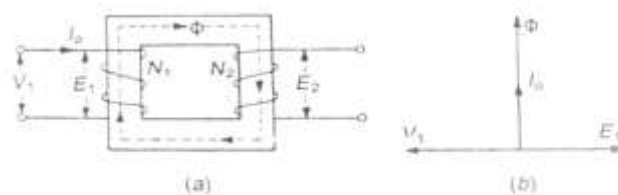
Beban non linier



Gambar 1.2 Distorsi arus karena beban nonlinier

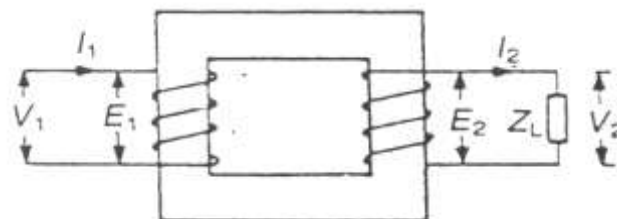
Transformator

Transformator merupakan suatu peralatan statis yang terdiri atas inti besi, di mana pada inti terdapat dua atau lebih belitan. Adanya kebutuhan tegangan dengan variasi yang berbeda-beda ini biasanya tidak dapat disediakan oleh suatu sumber. Untuk memenuhi tegangan yang bervariasi ini maka digunakanlah transformator.
 Keadaan transformator tanpa beban



Gambar 1.3 Keadaan transformator tanpa beban

Keadaan transformator berbeban



Gambar 1.4 Transformator berbeban

Hipotesis

Amplitude arus harmonik akan mengecil setelah melalui transformator dan bahkan arus harmonik tertentu akan hilang.

II. METODOLOGI PENELITIAN

1. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Seperangkat Komputer PC Pentium IV 2,4 GHz
2. Program komputer PM3000A
3. Printer
4. Dua Transformator 1 KVA, 220/110 volt merk Stavolt
5. Regulator Tegangan
6. *Power Analyzer*
7. Lampu pijar
8. Lampu hemat energi

2. Prosedur Pelaksanaan

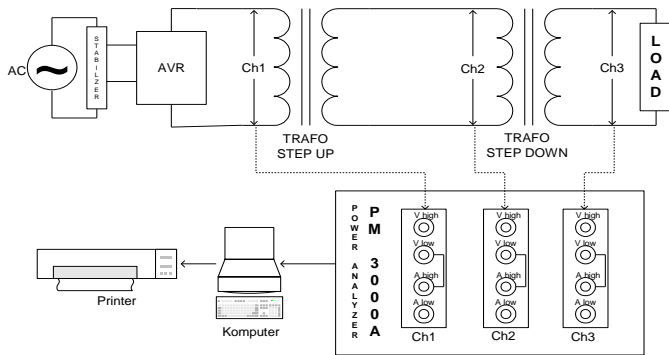
Penelitian dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membuat rangkaian penelitian

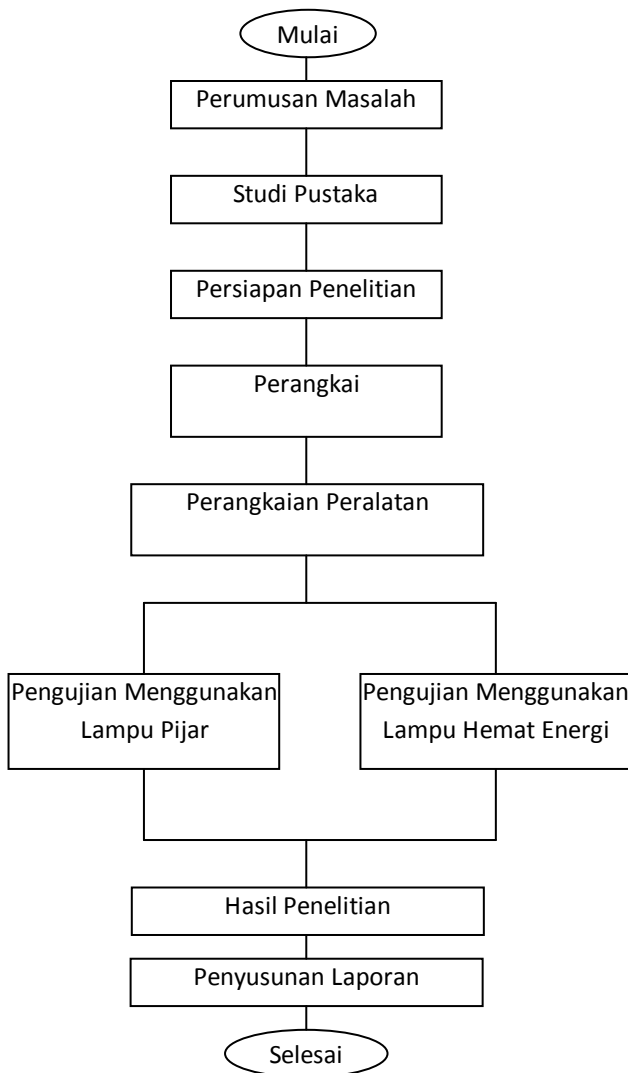
Untuk mengetahui karakteristik transformator terhadap arus harmonik yang melaluinya, selain dipakai dua buah transformator, juga diperlukan beban yang menimbulkan arus harmonik yang besar. Beban yang dipakai adalah beban yang tidak mengandung harmonik (beban linier) dan beban yang mengandung harmonik (beban non-linier).

Power Analyzer digunakan untuk mencuplik nilai tegangan dan arus baik itu nilai fundamental maupun nilai harmoniknya dan untuk mengukur nilai THD-nya. Software PM3000A digunakan untuk menyimpan hasil cuplikan dari *Power Analyzer*. Seperangkat Komputer digunakan sebagai

sarana untuk menjalankan software PM3000A, sekaligus sebagai tempat menyimpan data hasil cuplikan dan mengolah data sehingga dapat digunakan untuk menampilkan hasil penelitian sesuai yang diinginkan. Skema rangkaianannya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.1. Skema rangkaian penelitian



Gambar 2.2 Diagram alir penelitian

2. Langkah penelitiannya adalah sebagai berikut :

- a. Merangkai dan memasang beban berupa lampu pijar atau lampu hemat energi
- b. Hidupkan *Power Analyzer* sehingga tertampil nilai-nilai yang diinginkan
- c. Hidupkan komputer, masuk ke program PM3000A
- d. Meneliti ulang rangkaian pengujian seperti gambar 2.1
- e. Atur AVR sehingga didapat nilai tegangan masukan yang diinginkan, dalam hal ini ± 220 volt
- f. Ambil data dari *Power Analyzer* menggunakan software PM3000A pada komputer
- g. Operasikan PM 3000A secara *remote* melalui PC untuk mendapatkan data harmonik dari rangkaian yang sedang diuji.
- h. Beri nama file tersebut agar mudah dikenali.
- i. Ulangi langkah di atas untuk nilai arus yang berbeda (jumlah lampu yang berbeda).

3. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 2.2

4. Analisis Hasil

Data hasil penelitian dibuat dalam angka dan bentuk grafik yang menyatakan arus fundamental dan arus harmonik pada beban dan setelah melalui transformator. Hasil penelitian dalam bentuk grafik tersebut dianalisis dengan cara membandingkan arus harmonik pada beban dan arus harmonik setelah melalui transformator. Dari perbandingan tersebut akan dapat dilihat seberapa besar tranformator menurunkan amplitude arus harmonik dan arus harmonik ke berapa yang akan hilang setelah melalui transformator.

5. Kesulitan-kesulitan dan pemecahannya

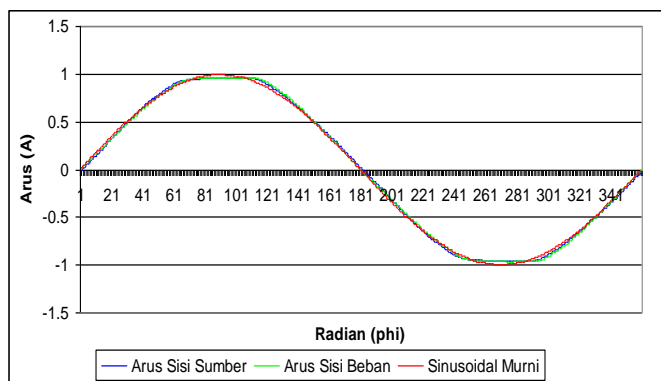
Transformator distribusi dan transformator daya yang digunakan pada system distribusi sulit didatangkan ke laboratorium untuk diteliti, sehingga transformator yang diteliti adalah transformator step up/step down 220/110 volt yang ada di laboratorium.

III. HASIL DAN ANALISA PENELITIAN

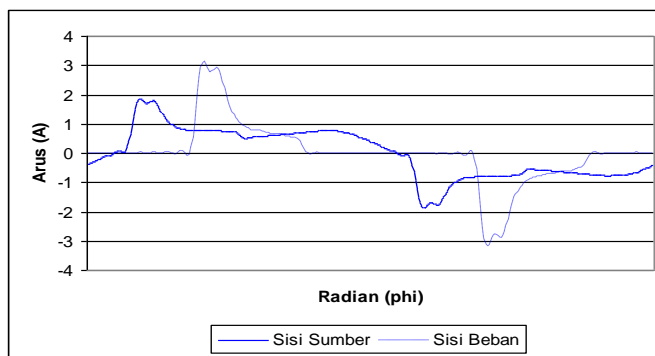
1. Pengujian Transformator Menggunakan Arus Non-Harmonik

Tabel 3.1 Pengukuran dengan beban linear

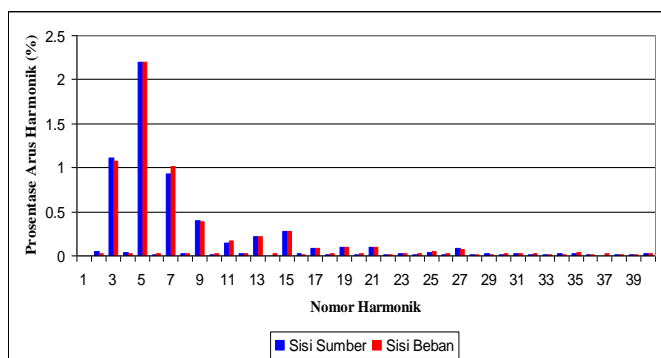
| | Sisi Sumber | Sisi Beban |
|------|---------------------|--------------------|
| Watt | 235,1 W | 200,6 W |
| VA | 235,5 VA | 200,6 VA |
| Var | 13,202 VAr | 2,009 VAr |
| Teg | 220,4 V | 198,43 V |
| Arus | 1,0684 A | 1,0108 A |
| Pf | 0,998 | 1,000 |
| Frek | 50,03 Hz | 50,03 Hz |
| VH1 | 220,3 V - 000,0 deg | 198,34 V-000,2 deg |
| AH1 | 1,0681 A-002,9 deg | 1,0105 A-359,7 deg |



Gambar 3.1 Bentuk gelombang arus dengan beban linear



Gambar 3.3 Gelombang arus pada penelitian dengan satu lampu hemat energi



Gambar 3.2 Karakteristik harmonik dalam kawasan frekuensi tanpa mengamati komponen fundamental pada penelitian dengan beban linear

3. Pengujian Trafo Menggunakan Arus Harmonik

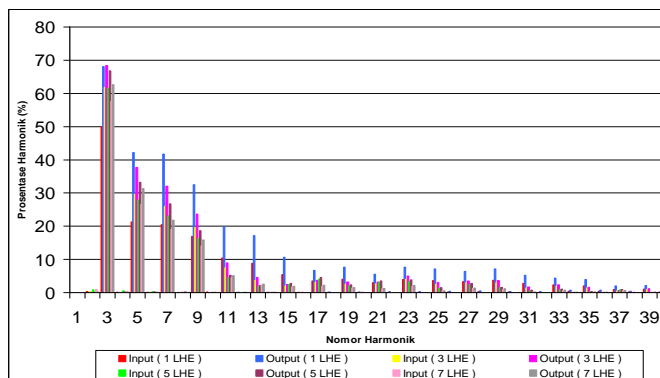
Tabel 3.3 Hasil pengukuran di sisi sumber dan sisi beban pada penelitian dengan satu lampu hemat energi

| | Sisi Sumber | Sisi Beban |
|------|--------------------|--------------------|
| Watt | 26,26 W | 13,022 W |
| VA | 33,18 W | 20,41 VA |
| Var | 20,28 VAR | 15,718 VAR |
| Teg | 220,3 V | 216,0 V |
| Arus | 0,1506 A | 0,094 A |
| pf | 0,791 | 0,638 |
| Frek | 49,98 Hz | 49,98 Hz |
| VH1 | 220,2 V 000,0 deg | 216,0 V -000,4 deg |
| AH1 | 0,1206A -018,0 deg | 0,066 A -337,4 deg |

Efisiensi trafo dapat diketahui dengan melihat nilai daya input dan outputnya.

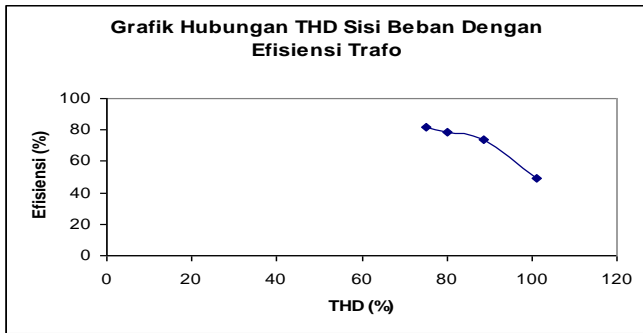
$$\eta = \frac{\text{daya_keluar}}{\text{daya_masuk}} \times 100\%$$

Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan, semakin sedikit beban lampu hemat energi maka efisiensi akan semakin kecil, hal ini terjadi karena semakin sedikit lampu hemat energi maka arus harmoniknya semakin besar lalu diserap oleh trafo yang kemudian diubah menjadi panas. Arus harmonik akan mengakibatkan rugi-rugi inti besi yang berupa panas bertambah besar, sehingga efisiensi trafo akan berkurang. Semakin besar nilai THD maka efisiensi trafo akan semakin kecil.



Gambar 3.4 Karakteristik harmonik dalam kawasan frekuensi tanpa komponen fundamental pada penelitian dengan beban non-linear.

Dari gambar 3.4 terlihat bahwa semakin tinggi nilai suatu komponen harmonik, maka setelah melalui trafo, besarnya amplitudo yang berkurang juga semakin besar. Setelah arus harmonik melewati trafo, ada beberapa komponen harmonik yang mengalami penyusutan.



Gambar 3.5 Grafik hubungan antara THD terhadap efisiensi trafo

IV. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Melihat data yang telah diperoleh dari penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Suatu gelombang non-sinusoidal dapat diuraikan menjadi satu komponen fundamental dan beberapa komponen harmonik.
2. Semakin besar nilai *THD* yang terkandung dalam suatu gelombang maka bentuk gelombang tersebut semakin tidak sinusoidal.
3. Adanya arus harmonik yang mengalir melalui trafo, akan mengakibatkan turunya nilai efisiensi trafo.

Semakin besar *THD* arus sisi beban trafo, maka efisiensi trafo akan semakin mengecil

Daftar Pustaka

- [1] Archie, 1991, "Principles of Energy Conversion", McGraw Hill, New York.
- [2] Elgerd, 1977, "Basic Electric Power Engineering", Adisson Wesley.
- [3] Gonen, T., 1986, "Electric Power Distribution System Engineering", McGraw Hill, New York
- [4] IEEE, 1994, "Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants", IEEE Inc.
- [5] Lawrence, R.F.,Griscom, S.B., 1965, "Electric Utility Engineering Reference Book – Distribution System", Electric Utility Engineer of The Westinghouse Electric Corporation First Edition, Fifth Printing, East Pittsburgh Pennsylvania,.
- [6] Preve Christophe, 1997, "Industrial Electrical Network Design Guide Volume 2", Group Schneider.