

Dampak Harmonisa yang ditimbulkan Oleh Beban Lampu Flourecent pada Instalasi Listrik

Harmonic Distortion Impact by Flourescent Light on Electrical Instalation

Tri Artono, Junaidi Asrul, Riza Widia, Efendi & Rahmi Berlianti

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang Kampus Limau Manis Padang 25163
Telp. 0751-72590 Fax. 0751-72576 Email: junaidi_8189@yahoo.co.id

Abstract

The problem of harmonics in electric power system can not be ignored, because with the increasing use of non-linear equipment (eg flourescent lamp), that flourescent lamp can cause harmonics in odd order of multiples of 3 that is equal to 15% , in this research two measurements are measured by using flourescent lamp load and incandescent lamp as comparison. The measurement used in this research is to use the harmonic power analysis instrument. From the result of measurement, it is found that in the experiments on 3 phase 4-wire system when the incandescent lamps are given each phase is balanced, the current in the neutral conductor is 0.08 Amper. While in the second experimental 3 phase 4-wire system when given 2x40 Watt flourescent lamp loads that each phase is balanced, then the current in the neutral conductor becomes excess that is equal to 0.26 Amper. The results of this measurement indicate that the harmonics caused by flourescent lamps are very worrying if the neutral cable carrier used on small-diameter electrical installation network, this could endanger the installation of fire.

Keywords : Harmonica, Flourecent Lamp

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan daya listrik yang bagus telah merupakan keharusan bagi semua masyarakat modern. Kualitas daya yang kurang bagus tentu akan merugikan baik produsen listrik, yang dalam hal ini PLN atau pihak konsumen.

Tegangan listrik naik turun, turunnya daya, kontinyunitas suplai daya dan timbulnya harmonisa merupakan sebagian masalah dari permasalahan kualitas daya listrik.

Harmonik adalah gangguan yang terjadi pada system distribusi tenaga listrik akibat distorsi gelombang arus dan tegangan. Pada dasarnya harmonic adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi dasarnya. Hal ini disebut frekuensi harmonic yang timbul pada bentuk gelombang aslinya, sedangkan bilangan bulat pengali frekuensi dasarnya disebut angka urutan harmonicnya, frekuensi dasar suatu system tenaga listrik adalah 50 Hz, maka harmonic keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar

100 Hz, harmonic ketiganya adalah gelombang dengan frekuensinya 150 Hz.

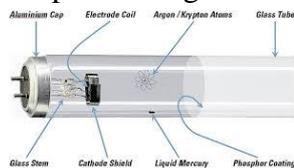
Jenis beban listrik dalam system tenaga ada 2 jenis yaitu beban linear dan beban nonlinear. Beban linear memiliki bentuk gelombang arus maupun tegangannya selalu sama, sedangkan beban nonlinear akan mengakibatkan bentuk gelombang arus tidak sama dengan bentuk gelombang tegangan. Bahan nonlinear yang umumnya merupakan peralatan elektronik yang dalamnya banyak terdapat komponen semikonduktor, seperti lampu Flourescent, computer, mesin Fax, Printer, kendali kecepatan motor, baterai charger, proses electroplating.

Dalam permasalahan harmonisa di jepang merupakan permasalahan yang sangat serius, karena dapat menyebabkan kebakaran. Hal ini telah diteliti oleh seorang keahlian kelistrikan bahwa penyebab kebakaran rumah penduduk disebabkan terjadinya konsleting pada jaringan instalasi listrik, salah satu factor penyebabnya adalah besarnya pengaruh

harmonisa pada jaringan instalasi listrik. Maka dalam penelitian ini akan membahas tentang beban yang bisa menyebabkan besarnya harmonisa pada jaringan instalasi listrik, seperti Lampu Fluorescent dan dampak yang ditimbulkannya.

Lampu Fluorescent

Lampu fluoresent termasuk lampu merkuri tekanan rendah. Tabung lampu berisi 2 buah elektroda pada kedua ujungnya, uap air raksa dan gas mulia argon. Bagian dalam tabung diberi serbuk fluoresent, untuk lebih jelasnya bagian-bagian lampu dilihat gambar dibawah ini :



Gambar 1. Bagian-bagian Lampu Fluorescent

Prinsip kerja lampu fluoresent ini adalah apabila lampu dihidupkan, arus listrik dilewatkan pada gas atau uap logam melalui elektroda yang ditempatkan di kedua ujung tabung. Mula lampu dihidupkan terjadi loncatan electron dari kedua elektroda kemudian lama kelamaan suhu tabung meningkat dan air raksa akan menguap serta memancarkan sinar ultra violet. Sinar ini diserapkan oleh serbuk Fluoresent dan kemudian dipancarkan menjadi cahaya tampak.

Gelombang Harmonisa pada Lampu Fluoresent.

Jika dibandingkan dengan beban linear atau lampu pijar yang memiliki bentuk gelombang arus maupun tegangan selalu sinusoidal, maka pada lampu Fluoresent akan mengakibatkan bentuk gelombang sinusoidal berubah non sinusoidal.

Pada dasarnya harmonic merupakan gejala pembentukan gelombang dengan frekuensi yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya.

Harmonik	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Frekuensi	50	100	150	200	250	300	350	400	450

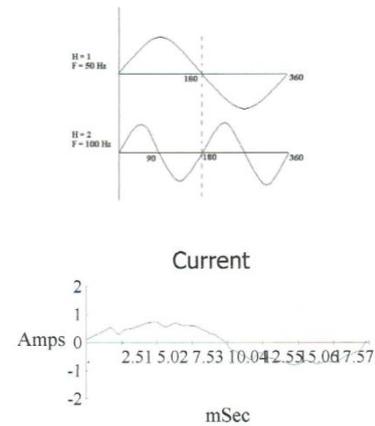
Harmonik ke-2 = 2 x 50 = 100 Hz

Harmonik ke-3 = x 50 = 150 Hz

(Jika diasumsikan frekuensi fundamentalnya = 50 Hz).

Bentuk Gelombang pada harmonic ke 1 dengan frekuensi 50 Hz dan harmonic ke 2 dengan frekuensi 100 Hz seperti pada table diatas. Begitu seterusnya bentuk gelombang sesuai dengan dasar frekuensi setiap harmoniknya.

Gelombang harmonic ini menumpang pada gelombang murninya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan penjumlahan antara gelombang murni dengan gelombang harmonic.



Gambar 2. Gelombang Harmonisa Pada Lampu Fluoresent

Dengan n adalah gelombang harmonic pada tingkat dasar, sedangkan pada system distribusi fasa tiga empat kawat jika masing-masing fasa sistemnya mensuplai beban elektronika dengan penyearah fasa satu yang relative seimbang, maka arus- arus fasa system dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$I_a = I_{a1} \sin(\omega t) + \sum_{h=1}^{\infty} I_{ah} \sin h(\omega t)$$

$$I_b = I_{bt1} \sin(\omega t - 120^\circ) + \sum_{h=1}^{\infty} I_{bh} \sin h(\omega t - 120^\circ)$$

$$I_c = I_{ct1} \sin(\omega t - 240^\circ) + \sum_{h=1}^{\infty} I_{ch} \sin h(\omega t - 240^\circ)$$

$$I_N = I_R + I_S + I_T = 3 \cdot \sum_{h=(2n+1)}^{\infty} I_{shm} \sin\{h(\omega t)\}$$

(BL. Teraja. 1986 : 511)

Pengertian Harmonisa

Dalam system kelistrikan telah dirancang untuk beroperasi pada frekuensi 50 Hz atau 60 Hz, tetapi beberapa jenis beban akan menghasilkan arus dan tegangan yang frekuensinya tidak 60 Hz, merupakan kelipatan 50 Hz atau 60 Hz.

Peralatan-peralatan listrik yang banyak menggunakan komponen seperti diode silicon controlled reaktifier (SCR), transistor daya dan switch elektronika yang mengakibatkan bentuk gelombang listrik tidak lagi berbentuk sinusoidal. Tidak seperti kondisi transient yang hanya terjadi sesaat, harmonisa yang terjadi pada suatu jaringan listrik berlangsung secara periodic selama jaringan tersebut masih mensuplai beban yang bersipat non linear. Hal ini tentu mengakibatkan bentuk gelombang arus dan tegangan juga mengalami distorsi secara periodic pula.

Harmonisa dalam sistem tenaga kelistrikan dinyatakan dalam suatu bilangan yang dikenal dengan orde harmonisa. Untuk gelombang dengan frekuensi dasar disebut dengan frekuensi dasar disebut harmonisa dengan orde 1, harmonisa dalam frekuensi 2x frekuensi dasar disebut harmonisa ke 2, harmonisa dalam frekuensi 3 x frekuensi dasar disebut harmonisa ke 3, harmonisa dalam frekuensi 4 x frekuensi dasar disebut harmonisa ke 4, begitu seterusnya..

Misalkan arus distorsi yang mengalir dalam suatu kawat listrik mengandung komponen harmonisa dengan orde 2,3,4 , dimana persamaan arus dasarnya adalah :

$$\text{Harmonisa ke-1} = 10 \sin \omega t$$

$$\text{Harmonisasi ke-2} = I_2 = \frac{1}{2} 10 \sin 2 \omega t$$

$$\text{Harmonisasi ke-3} = I_3 = \frac{1}{3} 10 \sin 3 \omega t$$

$$\text{Harmonisasi ke-n} = I_n = \frac{1}{n} 10 \sin n \omega t$$

Distorsi Harmonisa (THD)

Total Harmonic Distortion (THD) adalah perbandingan antara nilai RMS dari seluruh komponen harmonisa terhadap nilai RMS dari fundamental, biasanya dinyatakan dalam persen (%). Nilai dari THD ini digunakan untuk mengukur

besarnya penyimpangan dari bentuk gelombang periodik yang mengandung harmonisa dari gelombang sinusoidal murninya. Untuk gelombang sinusoid al sempurna nilai dari THD adalah bernilai 0%. Untuk mencari nilai THD untuk tegangan dan arus dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$I_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \times 100\%$$

Dimana I_n adalah Nilai arus harmonisa (A), I_1 adalah Nilai fundamental (A) dan n adalah Komponen harmonisa maksimum yang diamati.

Pengaruh Harmonisa Terhadap Faktor Daya

Setiap peralatan dapat dipengaruhi oleh arus harmonisa walaupun dengan akibat yang berbeda. Namun demikian peralatan tersebut akan mengalami perubahan kinerja dan bahkan akan mengalami kerusakan. Salah satu dampak yang umum dari gangguan harmonisa adalah panas lebih pada kawat netral pada lampu fluoresent sebagai akibat timbulnya harmonisa ketika dibangkitkan oleh peralatan listrik satu fasa.

Sebaliknya beban tidak linear satu fasa akan menimbulkan harmonisa kelipatan tiga ganjil yang disebut tripel harmonisa (Harmonisa ke-3, ke-9, ke-15, dst) yang sering disebut zero sequence harmonisa. Harmonisa ini tidak menghilangkan arus netral yang lebih tinggi dari arus fasa.

Nilai daya pada rangkaian yaitu : $p = e \cdot i$

$$\begin{aligned} \text{Nilai daya rata - rata} &= \frac{E_{nm} \cdot I_{nm} \cdot \cos \phi}{2} \\ &= \frac{E_{nm}}{\sqrt{2}} \times \frac{I_{nm}}{\sqrt{2}} \cos \phi_n \\ &= E_{nm} \cdot I_{nm} \cos \phi_n \end{aligned}$$

Daya Total adalah :

$$P = E_1 \cdot I_1 \cos \phi_1 + E_2 \cdot I_2 \cos \phi_2 + E_3 \cdot I_3 \cos \phi_3 + E_n \cdot I_n \cos \phi_n$$

Faktor Daya secara keseluruhan dapat diberikan :

$$p \cdot f = \frac{\text{Total daya}}{\text{Total VA}} = \frac{E_1 \cdot I_1 \cos \phi_1 + E_2 \cdot I_2 \cos \phi_2}{E \times I}$$

Dimana :

E : Nilai rms tegangan kompleks

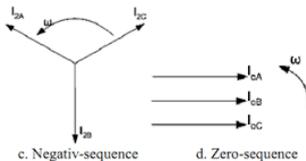
I : Nilai rms arus gelombang kompleks

$$I_{b2} = a^2 \cdot I_{a2} = a^2 \cdot I_2 \angle 120^\circ$$

$$I_{c2} = a \cdot I_{a2} = I_2 \angle 120^\circ$$

Hubungan Komponen Arus Harmonisa dan Arus Urutan Komponen Simetris.

Dalam system listrik 3 fasa besaran arus dan tegangan dapat diuraikan menjadai tiga set komponen simetris, yaitu komponen urutan positif, negative dan nol. Komponen urutan positif mempunyai magnitudo yang sama besar dengan beda fasa 120° satu dengan yang lainnya dan urutan fasa adalah a-b-c (searah dengan jarum jam), seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. Komponen urutan (a) Positif, (b) Negatif (c) Nol

Arus urutan Positif

$$I_{a1} = I_1 \sin \omega t$$

$$I_{b1} = I_1 \sin (\omega t - 120^\circ)$$

$$I_{c1} = I_1 \sin (\omega t + 120^\circ)$$

Dalam bentuk fasor dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$I_{a1} = I_1$$

$$I_{b1} = a^2 \cdot I_{a1} = a^2 \cdot I_1 = I \angle 120^\circ$$

$$I_{c1} = a \cdot I_{a1} = I_1 \angle 120^\circ$$

Dimana :

$$a = I_1 \angle 120^\circ$$

I_{a1} = Komponen arus urutan positif fasa a

I_{b1} = Komponen arus urutan positif fasa b

I_{c1} = Komponen arus urutan positif fasa c

Arus Urutan Negatif

$$I_{a1} = I_1 \sin \omega t$$

$$I_{b1} = I_1 \sin (\omega t + 120^\circ)$$

$$I_{c1} = I_1 \sin (\omega t - 120^\circ)$$

Set komponen urutan negative dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$I_{a2} = I_2$$

Arus Urutan Nol

Persamaan arus urutan nol dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$I_{a0} = I_0 \sin \omega t$$

$$I_{b0} = I_0 \sin (\omega t)$$

$$I_{c0} = I_0 \sin (\omega t)$$

Set komponen urutan nol dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$I_{a0} = I_{b0} = I_{c0}$$

Hubungan Komponen Simetris Dengan Komponen Harmonisa

Misalkan pada suatu system tenaga listrik tiga fasa, arus fasa mengandung harmonisa yang dinyatakan sebagai berikut :

$$I_a = I_{a1} \sin(\omega t) + \sum_{h=1}^{\infty} I_{ah} \sin h(\omega t)$$

$$I_b = I_{br1} \sin(\omega t - 120^\circ) + \sum_{h=1}^{\infty} I_{bh} \sin h(\omega t - 120^\circ)$$

$$I_c = I_{cr1} \sin(\omega t - 240^\circ) + \sum_{h=1}^{\infty} I_{ch} \sin h(\omega t - 240^\circ)$$

Dimana :

I_a, I_b, I_c = Arus Fasa system

I_{ah}, I_{bh}, I_{ch} = Komponen arus harmonisa orde h pada arus fasa

I_{a1}, I_{b1}, I_{c1} = Komponen arus fundamental pada arus fasa

H = 1,3,5,7..... (orde harmonisa)

Komponen arus fundamental adalah

Komponen arus fundamental merupakan komponen arus urutan positif

$$I_{a1} = I_1 \sin \omega t$$

$$I_{b1} = I_1 \sin (\omega t - 120^\circ)$$

$$I_{c1} = I_1 \sin (\omega t + 120^\circ)$$

Komponen arus harmonisa orde ke -3

Komponen arus harmonisa orde ke 3 (h=3) adalah

$$I_{a3} = I_3 \sin (3\omega t)$$

$$I_{b3} = I_3 \sin (3\omega t - 360^\circ)$$

$$I_{c3} = I_3 \sin (3\omega t + 720^\circ)$$

Komponen arus harmonisa orde ke-5

Komponen arus harmonisa orde ke 5 ($h=5$) adalah :

$$I_{a5} = I_5 \sin(5\omega t)$$

$$I_{b5} = I_5 \sin(5\omega t - 600^\circ)$$

$$I_{c5} = I_5 \sin(5\omega t + 1200^\circ)$$

Jadi komponen arus harmonisa ke 5 merupakan komponen arus urutan negative.

Hubungan komponen arus harmonisa dengan komponen simeteris untuk beberapa orde harmonisa seperti ditunjukkan pada table dibawah ini :

Tabel 1. Hubungan komponen arus harmonisa dan komponen simeteris

No	Orde Harmonisa	Komponen Urutan	Keterangan
1	1	Positif	Fundamental
2	3	Nol	
3	5	Negatif	
4	7	Positif	
5	9	Nol	
6	11	Negatif	
7	13	Positif	
8	15	Nol	
9	17	Negatif	
10	19	Positif	
11	21	Nol	
12	23	Negatif	
13	25	Positif	

METODOLOGI

Dalam pembahasan penelitian ini dilakukan beberapa metoda pembahasan antara lain:

a. Penelitian ini merupakan penelitian dengan melakukan percobaan langsung di Laboratorium sehingga mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik dan teruji.

b. Studi Literatur

Pada metoda ini dilakukan pembelajaran terhadap berbagai literatur yang menunjang dan berkaitan dengan masalah-masalah mengenai Dampak dari harmonisa pada lampu lampu flourecent dan jaringan innstalasi dari efek harmonisa dan teori-teori yang menunjang terhadap permasalahan yang dibahas

Langkah Percobaan

Pada pengamatan yang dilakukan dilabor yaitu dilakukan dua kali pengamatan yaitu pengamatan yang dilakukan dengan mengamati lampu Fluoresent 40 Watt dan yang kedua dengan mengamati beban linier yaitu lampu pijar 100 Watt.

Dalam percobaan untuk mengamati lampu fluoresent dimana masing-masing fasa diberi beban 2 x 40 Watt yang ada pada jurusan elektro yang pemakaian lampu tersebut telah begitu lama sehingga kinerja dari lampu tersebut sudah mulai berkurang, sedangkan pada percobaan untuk mengamati lampu pijar 100 Watt diberi masing-masing fasa 1x100 Watt,

1. Dalam percobaan peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :
 - a. Lampu Fluoresent merek Philip 2 x 40 W sebanyak 3 buah
 - b. Lampu pijar 100 W merek focus 2 buah dan merek lain 1 buah
 - c. Alat ukur power Harmonik Analisa
 - d. Sumber 3 Fasa 1 buah
 - e. Kabel secukupnya.

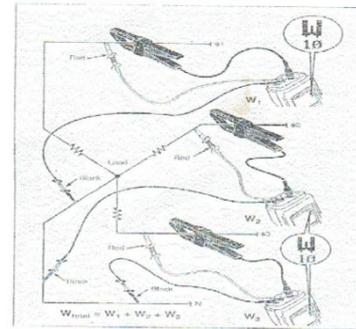
Dalam percobaan ini peneliti tidak menggunakan alat ukur voltmeter, amperemeter, karena pada alat power harmonic tersebut dapat mengukur besar tegangan, arus, arus yang terdistorsi, dan juga bentuk gelombang arusnya dan bentuk diagram harmoniknyam perfasa.

2. Dalam percobaan ini dilakukan beberapa tahapan yaitu :
 - a. Kita rangkai suatu rangkaian sistem 3 fasa 4 kawat yang beban setiap fasa seimbang baik pada percobaan pada percobaan pada lampu fluoresent dan juga percobaan pada lampu pijar.
 - b. Setelah rangkaian selesai, maka baru kita fungsikan alat ukur power harmonik tersebut.
 - c. Selanjutnya alat ukur power harmonik kita pasang pada fasa R yang akan kita ukur, yaitu lead line merah kita pasangkan pada fasa dan

lead line hitam pada netral sedangkan lead probenya dipasang pada kawat fasa yang diukur, maka kita dapatkan besar tegangan, arus, daya dan diagram harmonik juga bentuk gelombang yang telah didistorsi, seperti pada hasil pengukuran yang telah peneliti lakukan pada tabel 1,2,3,4 dan juga bentuk gelombangnya.

- d. Bentuk rangkaian pemasangan alat ukur power harmonik pada rangkaian perfasa dapat dilihat pada gambar dibawah ini.
- e. Begitu juga pada percobaan pengukuran pada fasa S dan T dan begitu juga selanjutnya pada percobaan lampu pijar.
- f. Pada pengukuran arus netralnya hanya menggunakan lead line hitam yang tetap dipasang pada kawat netral dan juga probenya juga kita

pasangkan pada kawat netralnya, maka kita dapatkan besar arus yang mengalir pada kawat netral tersebut.



Gambar 4. Rangkaian pemakaian alat power harmonic

HASIL

A. Hasil Pengukuran di Labor.

Setelah melakukan beberapa tahapan percobaan tadi, maka didapatkan hasil pengukuran seperti tabel dibawah ini :

Tabel 2. Hasil Pengukuran

Beban Listrik	Beban Linier			Beban Non Linier		
	Lampu Pijar 100 W			Lampu Fluoresent 2x 40 W		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Fasa R	Fasa S	Fasa T
DAYA						
Frekwensi	50	50	50	50	50	50
Watt	106	108	107	104	112	110
VA	107	109	108	217	218	220
PF	0,99	0,99	0,99	0,83	0,84	0,89
ARUS						
I rms (A)	0,48	0,48	0,47	0,54	0,55	0,55
I Peak (A)	0,64	0,65	0,64	0,73	0,77	0,79
THD						
Rms %	13	13,5	13	17,3	19,4	19,2
I netral (A)	0,08			0,26		
TEGANGAN						
V rms (V)	227	227	229	227	226	227
V peak (V)	312	312	316	294	310	323

Tabel 3. Besar Harmonik pada Fasa R
Single Phase R Readings – 08-06-04 09:40:36

Hrm	Phase R				Phase R		Phase R	
	Freq.	V Mag	%V RMS	V Ø°	I Mag	%I RMS	I Ø°	Power (W)
DC	0	0.33	0.15	0	0	4.68	0	0
1	50	211.8	99.96	-147	0.54	98.54	0	-93.76
2	99.9	0.39	0.18	16	0	0.94	99	0
3	149.4	1.81	0.86	6	0.07	12.99	40	0
4	199.3	0.1	0.05	59	0.01	1.29	108	0
5	249.1	3.45	1.63	-175	0.03	6.32	48	-0.32
6	298.9	0.11	0.05	12	0.01	1.05	129	0
7	348.7	2.17	1.03	84	0.03	6.09	-8	-0.32

Tabel 4. Besar Harmonik pada Fasa S
Single Phase S Readings – 08-06-04 09:45:46

Harmonics	Freq.	Phase S			Phase S			Phase S	
		V Mag	% V RMS	V Ø°	I Mag	% I RMS	I Ø°	Power (W)	
DC	0	0.59	0.26	0	0.02	3.89	0	0	
1	50,1	232	99.92	-155	0.55	98.28	0	-115.84	
2	100,3	0.95	0.41	-115	0	1.11	30	-0.32	
3	149.4	1.09	0.47	16	0.07	13.34	19	0	
4	199.3	0.06	0.03	5	0	0.89	111	0	
5	249.1	5.31	2.29	160	0.05	9.89	48	-0.32	
6	298.9	0.02	0.01	-158	0.01	1	124	0	
7	348.7	1.5	0.65	25	0.03	4.78	-64	0	

Tabel 5. Besar Harmonik pada Fasa T

Hmr	Freq.	Phase T			Phase T			Phase T	
		V Mag	% V RMS	V Ø°	I Mag	% I RMS	I Ø°	Power (W)	
DC	0	0.33	0.15	0	0.03	4.73	0	0	
1	50,1	224.59	99.94	-149	0.54	98.05	0	-104.96	
2	100,2	0.81	0.36	-15	0	0.45	34	0	
3	149.44	0.88	0.39	-9	0.08	13.96	39	0	
4	199.3	0.06	0.03	130	0	0.9	98	0	
5	249.1	5.14	2.29	153	0.05	9.57	34	-0.32	
6	298.9	0.19	0.08	179	0.01	1.01	120	0	
7	348.7	2.28	1.02	13	0.03	5.74	-63	0	

PEMBAHASAN

Analisis Data pada Lampu Fluorescent Besar Nilai Arus Gelombang yang terdistorsi

1. Pada fasa R orde yang muncul adalah orde ke 3, 5, dan orde ke 7 yang mana hasil pengukuran didapatkan besar arus orde 1, 3, 5, 7 adalah sebagai berikut :

$$I_{1m} = 0,54 \text{ A} \quad I_{5m} = 0,03 \text{ A}$$

$$I_{3m} = 0,07 \text{ A} \quad I_{7m} = 0,03 \text{ A}$$

Jadi

$$I_{rms} = \sqrt{I_{1m}^2 + I_{3m}^2 + I_{5m}^2 + I_{7m}^2}$$

$$= \sqrt{0,54^2 + 0,07^2 + 0,03^2 + 0,03^2}$$

$$= \sqrt{0,2876} = 0,54 \text{ Amp.}$$

2. Pada fasa S orde yang muncul adalah orde ke3, 5, dan orde 7 yang mana hasil pengukuran didapatkan besar arus perorde sebagai berikut :

Jadi

$$I_{1m} = 0,55 \text{ A} \quad I_{5m} = 0,05 \text{ A}$$

$$I_{3m} = 0,07 \text{ A} \quad I_{7m} = 0,03 \text{ A}$$

Jadi

$$I_{rms} = \sqrt{I_{1m}^2 + I_{3m}^2 + I_{5m}^2 + I_{7m}^2}$$

$$= \sqrt{0,55^2 + 0,07^2 + 0,05^2 + 0,03^2}$$

$$= \sqrt{0,3108} = 0,55 \text{ Amp.}$$

3. Pada fasa T orde yang muncul adalah orde ke3, 5, dan orde ke 7, hasil pengukuran didapatkan besar arus pada orde 1, 3, 5, dan orde 7 sebagai berikut :

$$I_{1m} = 0,54 \text{ A} \quad I_{5m} = 0,05 \text{ A}$$

$$I_{3m} = 0,08 \text{ A} \quad I_{7m} = 0,03 \text{ A}$$

Jadi

$$I_{rms} = \sqrt{I_{1m}^2 + I_{3m}^2 + I_{5m}^2 + I_{7m}^2}$$

$$= \sqrt{0,54^2 + 0,08^2 + 0,05^2 + 0,03^2}$$

$$= \sqrt{0,3014} = 0,54 \text{ Amp.}$$

Secara vector dapat dihitung harga dari I_R , I_S dan I_T maka dapat kita cari besar I_N secara vector seperti berikut :

$$I_R = 0,54 \angle 0 = 0,54 + j 0$$

$$I_S = 0,55 \angle 120 = -0,275 + j 0,476$$

$$I_T = 0,54 \angle 240 = -0,275 - j 0,476$$

$$I_N = 0 \angle 90$$

a. Besar Total Harmonik Distorsi untuk Arus :

• Pada Fasa R

$$THD_1 = \frac{\sqrt{I_{hrms}^2 - I_{1rms}^2}}{I_{1rms}} \times 100\%$$

$$THD_1 = \frac{\sqrt{0,54^2 + 0,07^2 + 0,03^2 + 0,03^2 - 0,54^2}}{0,54^2} \times 100\% = 15,4\%$$

• Pada Fasa S

$$THD_1 = \frac{\sqrt{I_{hrms}^2 - I_{1rms}^2}}{I_{1rms}} \times 100\%$$

$$THD_1 = \frac{\sqrt{0,55^2 + 0,07^2 + 0,05^2 + 0,03^2 - 0,55^2}}{0,55^2} \times 100\% = 18,3\%$$

• Pada Fasa T

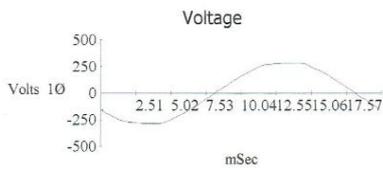
$$THD_1 = \frac{\sqrt{I_{hrms}^2 - I_{1rms}^2}}{I_{1rms}} \times 100\%$$

$$THD_1 = \frac{\sqrt{0,54^2 + 0,08^2 + 0,05^2 + 0,03^2 - 0,54^2}}{0,54^2} \times 100\% = 15,4\%$$

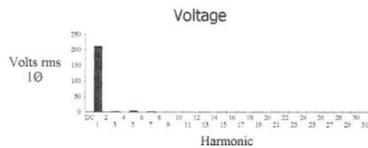
b. Bentuk Gelombang pada Lampu Fluoresent 2 x 40 Watt

Setelah melaksanakan pengamatan pada lampu Fluoresent bahwa dapat dilihat bentuk gelombang tegangan dan bentuk gelombang arus tidak sama, jadi dapat diartikan bahwa dampak harmonisa pada lampu Fluoresent dapat menimbulkan cacat pada gelombang arus.

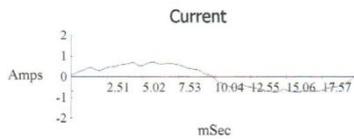
1. a. Bentuk Gelombang Tegangan pada Fasa R



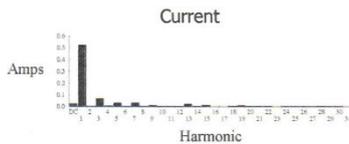
b. Bentuk Diagram Harmonik Tegangannya



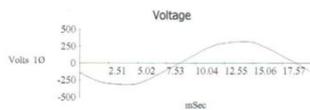
c. Bentuk Gelombang Harmonik Arus pada fasa R



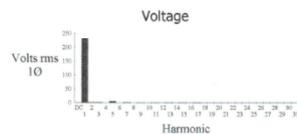
d. Bentuk Diagram Harmonik Arus pada Fasa R



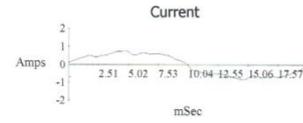
2. a. Bentuk Gelombang Tegangan pada Fasa S



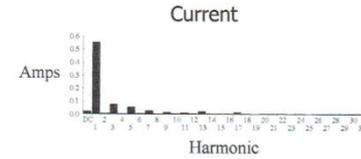
b. Bentuk Diagram Harmonik Tegangannya



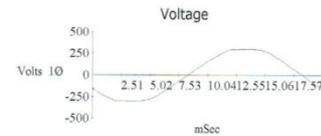
c. Bentuk Gelombang Harmonik Arus pada fasa S



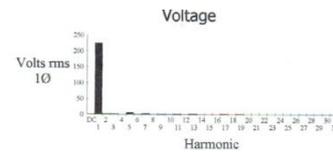
d. Bentuk Diagram Harmonik Arus pada Fasa S



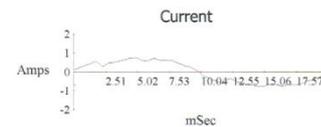
3. a. Bentuk Gelombang Tegangan pada Fasa T



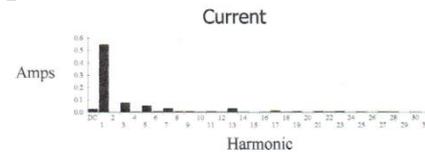
b. Bentuk Diagram Harmonik Tegangannya



c. Bentuk Gelombang Harmonik Arus pada fasa T



d. Bentuk Diagram Harmonik Arus pada Fasa T



Analisis Data Pada Lampu Pijar

a. Besar Arus Gelombang Terdistorsi

1. Pada Fasa R orde fundamental yang muncul, maka besar arus rms nya adalah:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{I^2 1m}{2}}$$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{0,64^2}{2}} \quad I_{rms} = 0,45 A$$

2. Pada Fasa S orde fundamental yang muncul, maka besar arus rms nya adalah:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{I^2_{1m}}{2}}$$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{0,65^2}{2}} \quad I_{rms} = 0,45 \text{ A}$$

3. Pada Fasa T hanya orde fundamental yang muncul, maka besar arus rms nya adalah:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{I^2_{1m}}{2}}$$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{0,64^2}{2}} \quad I_{rms} = 0,45 \text{ A}$$

b. Besar Total Harmonisa Distorsi untuk Arus

- Pada Fasa R

$$THD_1 = \sqrt{\left(\frac{1}{PF}\right)^2 - 1} \times 100\%$$

$$THD_1 = \sqrt{\left(\frac{1}{0,99}\right)^2 - 1} \times 100\%$$

$$= 0,0201 \times 100 \% = 2,01\%$$

- Pada Fasa S

$$THD_1 = \sqrt{\left(\frac{1}{PF}\right)^2 - 1} \times 100\%$$

$$THD_1 = \sqrt{\left(\frac{1}{0,99}\right)^2 - 1} \times 100\%$$

$$= 0,0201 \times 100 \% = 2,01\%$$

- Pada Fasa T

$$THD_1 = \sqrt{\left(\frac{1}{PF}\right)^2 - 1} \times 100\%$$

$$THD_1 = \sqrt{\left(\frac{1}{0,99}\right)^2 - 1} \times 100\%$$

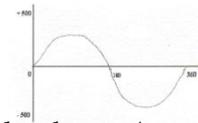
$$= 0,0201 \times 100 \% = 2,01\%$$

a. Bentuk Gelombang pada Lampu Pijar 100 Watt

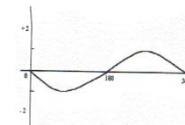
Bentuk gelombang pada lampu pijar 100 Watt yaitu tidak terjadi perbedaan antara bentuk gelombang tegangan dengan bentuk gelombang arus. Hal ini terbukti dari hasil

percobaan dan pengukuran dengan menggunakan alat Power Harmonik Analisis bahwa pada gelombang tegangan dan gelombang arus selalu sama Baik pada Fasa R, S, dan fasa T, seperti pada gambar dibawah ini.

- a. Bentuk Gelombang Tegangan pada Fasa R,S,T



- b. Bentuk Gelombang Arus Pada Fasa R, S,T



Pada percobaan yang dilakukan terhadap lampu Fluorescent 2 x 40 Watt menunjukkan bahwa arus di tiap fasa sistem 3 fasa 4 kawat relatif seimbang, yakni $I_R = 0,54 \text{ A}$, $I_S = 0,55 \text{ A}$, dan $I_T = 0,54 \text{ A}$, bahwa adanya sirkulasi arus harmonik dipenghantar netral pada sistem 3 fasa 4 kawat tersebut melebihi setengah dari arus setiap fasa yaitu 0,26 Amper.

Dari hasil pengukuran dengan menggunakan alat Power Harmonik Analisis didapatkan besar arus netralnya adalah 0,26 Amper, sedangkan hasil dari perhitungan secara vector didapatkan $I_N = 0 \text{ A}$. Dapat dipastikan bahwa arus lainnya sebesar : Nilai arus melalui pengukuran – Nilai arus secara perhitungan penjumlahan vektor adalah menjadi sebesar $0,26 - 0 = 0,26 \text{ Amper}$.

Sedangkan pada percobaan pada beban linier (lampu pijar 100 W), arus dari fasa sistem adalah relative dalam keadaan seimbang yakni $I_R = 0,48 \text{ A}$, $I_S = 0,48 \text{ A}$, dan $I_T = 0,47 \text{ A}$ sehingga arus pada penghantar netral relative kecil, yaitu $I_N = 0,08 \text{ Amper}$.

SIMPULAN

Setelah melakukan penelitian ini dapat di simpulkan bahwa :

1. Lampu Flouresent merupakan beban tidak linear yang dapat menimbulkan harmonisa yang lebih besar, yang dalam penelitian ini orde ganjil kelipatan ke 3 yang muncul yaitu sebesar 10 %, sedangkan lampu pijar merupakan beban linear dapat juga menimbulkan harmonisa tetapi dalam penelitian ini muncul lebih kecil dari pada lampu flouresent.
2. Pada penelitian ini pada system 3 fasa 4 kawat jika diberikan beban lampu pijar yang tap fasa seimbang, maka arus di penghantar netral kecil yaitu sebesar 0,08 Amper
3. Sedangkan pada penelitian kedua system 3 fasa 4 kawat jika diberikan beban lampu flouresent 2 x40 Watt yang tiap fasa seimbang, maka arus di penghantar netral menjadi berlebih yaitu sebesar 0,26 Amper.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aslimeri, Minimisator Harmonisa Arus di Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Padang FT UNP 200
- [2] Das, J.C. Power System Harmonics and Passive Filter Designs. Hoboken, NJ: IEEE Press. 2015.
- [3] Fuchs, Ewald F., dan Masoum, Mohammad A.S., "Power Quality in Power Systems and Electrical Machines". March 2008, Perth, Australia.
- [4] Holt, Mike. "Harmonics - What You Should Know." [e-journal] <http://www.mikeholt.com/technical-power-quality-harmonics.php>. (Diakses 3 Maret 2017).
- [5] Sumani, Sambudho, Sirkulasi Arus pada Penghantar Netral sebagai Akibat Beban Non linear di JTR. Jakarta 2003.
- [6] Rasid. M, Power Electronic Circuit Devis and Application Second Edition. Amerika. United State of Amerika, 1993
- [7] Theraja. BL, Electrical Technologi. New Delhi. Ram Nagar, 1986
- [8] William, Analisa Sistem Tenaga Listrik, Jakarta Erlangga 1996