

## ANALISA PENGUKURAN HARMONISA YANG DITIMBULKAN OLEH BEBAN NON LINIER

Mutiari

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya  
Jalan Sriwijaya Negara Bukit Besar (30139) Palembang

### ABSTRAK

Harmonisa adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Pada saat ini banyak penggunaan peralatan listrik yang menggunakan barang-barang elektronik. Peralatan jenis ini merupakan beban tidak linier yang menghasilkan harmonisa. Mengetahui besar nilai hasil perhitungan Total Harmonik Distorsi (THDi) dan mengetahui hasil pengukuran THDi pada beban non linier. THDi paling besar yaitu pada komputer sebesar 171,4% dan THDi paling kecil yaitu pada lampu pijar sebesar 1,2%. THDV paling besar yaitu pada LHE Shukaku yaitu sebesar 4,9 % dan THDV paling kecil yaitu pada Televisi sharp, sebesar 2,6 %. Dengan demikian, nilai harmonisa ini memiliki selisih yang cukup besar pada THDi sehingga dapat dianalisa bahwa peralatan elektronik menimbulkan harmonisa yang cukup besar.

**Kata kunci** : harmonisa, beban non linier dan distorsi harmonik total (THD)

### ABSTRACT

Harmonics is a disorder that occurs in electric power distribution system due to the current and voltage waveform distortion. At this time many of the use of electrical appliances that use electronic items. This type of equipment is not linear loads that produce harmonics. The purpose of this final report is to Know the value of the measurement of Total Harmonic Distortion (THDi) on a non-linear and linear loads, large Knowing the value of the calculated total harmonic Distortion. Most of the THDi of 171.4% on Computers and the smallest THDi Glow in the light of 1.2%. THDV greatest ie at LHE Shukaku that is equal to 4.9% and the smallest THDV sharp on TV, by 2.6%. Thus, the value of these harmonics have a pretty big difference in THDi so it can be analyzed that the electronic equipment pose significant harmonics.

**Key words:** harmonic, non-linear loads and total harmonic distortion (THD)

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Permasalahan kualitas daya listrik memerlukan suatu perhatian khusus. Kualitas daya yang buruk akan menimbulkan banyak kerugian. Salah satu permasalahan kualitas daya listrik adalah permasalahan harmonisa. Suatu sistem tenaga listrik yang ideal, bentuk gelombang yang disalurkan ke peralatan konsumen dan bentuk gelombang arus yang dihasilkan adalah gelombang fundamental.

Dalam suatu sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linier dan beban non linier. Beban linier akan memberikan bentuk gelombang keluaran yang linier artinya arus yang mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan, sedangkan beban non linier akan memberikan bentuk gelombang keluaran yang tidak sebanding dengan tegangan dalam setiap setengah siklus, sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya (bentuk gelombang harmonisa yang kedua, ketiga dan seterusnya dijumlahkan dengan gelombang dasar).

Harmonisa bisa muncul akibat adanya beban-beban non linier yang terhubung ke sistem distribusi. Harmonisa umumnya mengakibatkan meningkatnya panas dan rugi-rugi energi pada setiap bagian peralatan listrik. Untuk mengetahui berapa besar harmonisa pada beban non linier digunakan sebuah alat ukur yang bernama *Power and Harmonic Analyzer 6830*

### 1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan diatas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

- Bagaimana besar nilai pengukuran Total Harmonik Distorsi (THDi) pada beban non linier dan linier menggunakan alat ukur *Power and Harmonics Analyzer*.
- Bagaimana besar nilai hasil perhitungan Total Harmonik Distorsi (THDi) pada beban non linier dan linier.

### 1.3 Tujuan dan Manfaat

#### Tujuan

Adapun tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Mengetahui besar nilai pengukuran Total Harmonik Distrorsi (THDi) pada beban non linier dan linier menggunakan

- a. alat ukur *Power and Harmonics Analyzer*.
- b. Mengetahui besar nilai hasil perhitungan Total Harmonik Distrorsi (THDi) pada beban non linier serta perbandingannya dengan beban linier.

**Manfaat**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mendapat Pembelajaran cara penggunaan alat ukur *Power and Harmonics Analyzer*.
- b. Mendapat pembelajaran dari besar nilai hasil pengukuran dan perhitungan Total Harmonik Distrorsi (THDi) pada beban non linier.

**1.4 Metode Pembahasan**

- a. Mengukur THDi dan THDv pada beban non linier dan linier dengan alat ukur *Power and Harmonics Analyzer*.
- b. Menghitung Irms dan THDi serta Vrms dan THDv dari harmonic individual yang ditimbulkan oleh beban non linier dan linier.

**2. TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1. Lampu Fluorescent**

Lampu *fluorescent* sering juga disebut lampu TL. Pada dasarnya lampu *fluorescent* termasuk dalam kelompok lampu merkuri tekanan rendah. Hal ini disebabkan dalam tabung lampu *fluorescent* dimasukkan merkuri, dan gas didalam tabung saat lampu bekerja adalah rendah, hanya kira-kira 0,0039 atm, sedangkan tekanan gas dalam tabung lampu merkuri kira-kira 10 atm. Lampu *fluorescent* tidak bekerja berdasarkan pemijaran filament sebagaimana halnya dalam lampu pijar, tetapi lampu fluoresen menghasilkan cahaya berdasarkan terjadinya pelepasan electron dalam tabung lampu.

Lampu *Flourescent* menurut jenis temperatur warnanya serta cara pemakaiannya sebagai berikut :

- a. *Warm white* (warna putih kekuning-kuningan) dengan temperatur warna <3300 K.
- b. *Cool white* (warna putih netral) dengan temperatur warna antara 3300 K sampai dengan 5300 K.
- c. *Daylight* (warna putih) dengan temperatur warna > 5300 K.

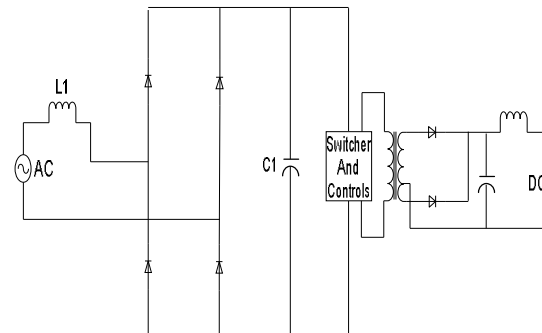
**2.2 Compact flourescent**

*compact flourescent* adalah salah satu bentuk pengembangan dari lampu *fluorescent*. *compact flourescent* ini terdiri dari ballast elektronik dan tabung gelas.

Ballast elektronik terdiri dari komponen-komponen semikonduktor yang berfungsi sebagai:

- a. Pembangkit tegangan induksi yang tinggi agar terjadi pelepasan elektron di dalam tabung.
- b. Membatasi arus yang melalui tabung setelah lampu bekerja normal.

Gambar 2.5 Lampu Hemat Energi

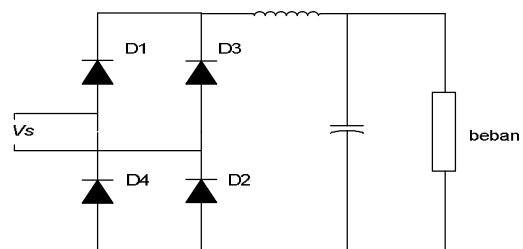


Gambar 2.1 Rangkaian Ballast Elektronik

Proses kerja ballast elektronik dimana menggunakan prinsip *switching* akan menghasilkan gangguan atau distorsi gelombang arus yang tidak sinusoidal. Yaitu arus /elektron-elektron yang mengalir dari sisi elektroda "positif" menuju elektroda "negatif" yang berbenturan dengan gas argon dan merkuri yang terionisasi tentulah mempunyai besaran-besaran yang berubah-ubah setiap saat sesuai kondisi benturan sehingga impedansi lampu yang terdiri dari unsur-unsur R-L-C merupakan fungsi waktu yang tidak linier.

**2.3 Penyearah**

Pada saat ini penyearah adalah merupakan sumber utama dari timbulnya harmonisa. Peralatan elektronik yang dijumpai di rumah tinggal menggunakan penyearah satu fasa gelombang penuh tak terkendali. Semua peralatan elektronik, yang meliputi televisi, printer, scanner, UPS, komputer, monitor, lampu flourescent dengan ballast elektronik, lampu hemat energi dll. menggunakan penyearah jenis satu fasa gelombang penuh. Pada gambar di bawah ini diperlihatkan penyearah tak terkendali.



Gambar 2.2 Penyearah tak-terkendali satu fasa gelombang penuh

**Definisi Harmonisa**

Harmonisa atau harmonik adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Gelombang arus dan tegangan ini disebabkan adanya pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi dasarnya (*fundamental*). Hal ini disebut frekuensi harmonisa yang timbul pada gelombang aslinya sedangkan bilangan bulat pengali frekuensi dasarnya disebut angka urutan harmonik.

**2.5 Sumber Harmonik pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik**

Dalam sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linier dan beban tidak linier. Harmonisa muncul akibat adanya beban-beban tidak linier yang terhubung ke sistem distribusi. Beban tidak 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).

Peralatan-peralatan elektronik tersebut adalah sebagai berikut:

- a) Peralatan rumah tangga :
  1. Lampu *fluorescent* dengan *ballast* elektronik
  2. Lampu *compact fluorescent* (LHE)
  3. *Oven microwave*
  4. Televisi
- b) Peralatan kantor :
  1. Komputer
  2. printer
  3. mesin *fotocopy*
  4. mesin *fax*
- c) Peralatan industri :
  1. Mesin las
  2. Kontrol kecepatan motor
  3. *Electroplating*
  4. Dapur busur listrik (Tanur Listrik)

Maximum Voltage Distortion			
Maximum Distortion	System Voltage		
	Below 69 kV	69 - 138 Kv	>138
Individual Harmonics ( % )	3	1.5	1
Total Harmonics ( % )	5	2.5	1.5

- d) UPS (*Uninterruptible Power Supplies*)
- Peralatan-peralatan elektronik ini dirancang untuk menggunakan arus listrik secara hemat dan efisien

karena arus listrik hanya dapat melalui komponen semikonduktor

**2.6 Distorsi Harmonik**

Harmonik adalah gejala pembentukan gelombang sinusoidal dengan frekuensi yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Bila terjadi superposisi antara gelombang frekuensi dasar dengan gelombang frekuensi harmonik maka terbentuklah gelombang yang terdistorsi sehingga bentuk gelombang tidak lagi sinusoidal. Fenomena ini disebut dengan distorsi harmonik.

**2.7 Standar Harmonisa**

Standar harmonisa berdasarkan standar IEEE 519-1992, ada dua kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonisa. Yang pertama adalah batasan untuk harmonisa arus, dan yang kedua adalah batasan untuk harmonisa tegangan. Untuk standar harmonisa arus, ditentukan oleh rasio  $I_{SC}/I_L$ .  $I_{SC}$  adalah arus hubung singkat yang ada pada PCC (*Point of Common Coupling*), sedangkan harmonisa tegangan ditentukan oleh tegangan sistem yang dipakai.

Standar harmonisa arus dapat dilihat pada tabel 2.1. sedangkan standar harmonisa tegangan dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.1 *Maximum Harmonics Current Distortion*

Isc / IL	Harmonic Orde (Odd Harmonic)					THD (%)
	<11	11=<h<23	17=<h<23	23=<h<35	35=<h	
	IHD ( % )					
<20	4	2	1.5	0.6	0.3	5
20-50	7	3.5	2.5	1	0.5	8
50-100	10	4.5	4	1.5	0.7	12
100-1000	12	5.5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2.5	1.4	20

Dimana :

$I_{SC}$  = Arus Maksimum Hubung Singkat pada PCC (*Point of Common Coupling*)

$I_L$  = Arus Beban Maksimum (*fundamental frequency*) pada PCC

Tabel 2.2 *Maximum Harmonics Voltage Distortion*

**2.8 Pengaruh Harmonisa pada sistem distribusi tenaga listrik**

Umumnya harmonisa pada arus membawa dampak lebih jika dibandingkan dengan harmonisa pada tegangan. Pada sistem distribusi listrik, dampak utama yang ditimbulkan dari pengaruh harmonisa pada arus adalah mengakibatkan bertambahnya harga nilai rms *fundamental*.

Beberapa dampak lain yang dapat ditimbulkan akibat adanya harmonisa dalam sistem tenaga listrik adalah:

- a. Panas berlebih pada kawat netral sebagai akibat timbulnya harmonisa ketiga yang dibangkitkan oleh peralatan listrik satu fase. Pada keadaan normal, arus beban setiap fasa dari beban linier yang seimbang pada frekuensi dasarnya akan saling mengurangi sehingga arus netralnya menjadi nol. Sebaliknya beban tidak linier satu fasa akan menimbulkan harmonisa kelipatan ganjil yang di sebut *triplen harmonic* (harmonik ke-3, ke-9, ke-15 dan seterusnya) yang sering disebut *zero sequence* harmonisa.
- b. Harmonisa dapat menimbulkan tambahan torsi pada kWh meter jenis elektromekanis yang menggunakan piringan induksi berputar. Akibatnya putaran piringan akan lebih cepat atau terjadi kesalahan ukur kWh meter, karena piringan induksi tersebut dirancang hanya untuk beroperasi pada frekuensi dasar.
- c. Interferensi frekuensi pada sistem telekomunikasi, karena biasanya kabel untuk keperluan telekomunikasi ditempatkan berdekatan dengan kawat netral. Harmonisa ketiga pada kawat netral dapat memberikan induksi harmonisa yang mengganggu sistem telekomunikasi.

**3 METODOLOGI PENELITIAN**

Alat ukur yang digunakan untuk mengetahui tingkat gangguan harmonisa pada beban *non linear* yang terdapat pada sistem jaringan tenaga listrik dan pada setiap peralatan-peralatan elektronik yang berada di instalasi rumah tangga adalah *Power harmonic Analyzer 6830 Langlois*. Alat ukur *Power harmonic Analyzer 6830 Langlois* digunakan untuk mengukur Arus (total, fasa dan netral), Tegangan (total, ph-ph dan ph-netral), Frekuensi, Faktor Daya (total dan per fasa), Daya / Fasa (aktif, reaktif dan nyata), Total Daya (aktif, reaktif dan nyata), Energi (aktif, reaktif dan nyata), THD (arus dan tegangan) dan lain-lain.



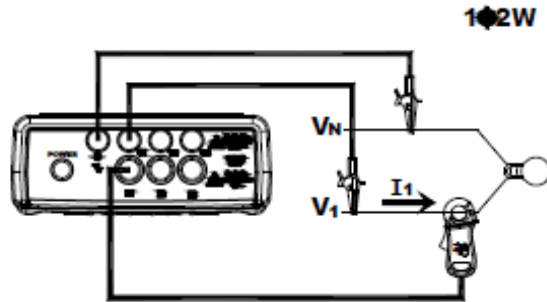
Gambar 3.1. *Power harmonic Analyzer 6830*

**4. HASIL PEMBAHASAN**

**4.1. Hasil**

Pada bab ini berisi tentang hasil pengukuran harmonisa pada beban non linier 1 fasa dan analisa hasil pengukuran dan perhitungan harmonisa pada beban non linier 1 fasa serta simulasi rangkaian pengukuran menggunakan simulink matlab.

rangkaian untuk mengukur daya listrik dan harmonisa dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Single line diagram pengukuran power meter 1 fasa

**4.2 Hasil Pengukuran seluruh jenis beban**

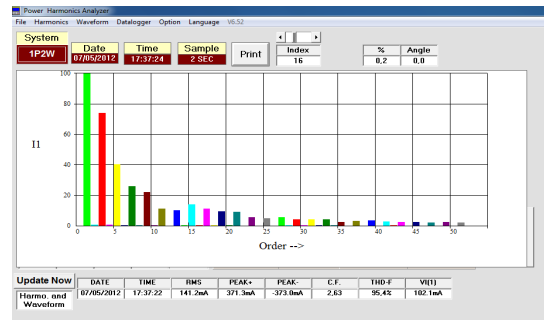
Tabel 4.1 Pengukuran Daya, Tegangan, Arus, Frekuensi dan  $\cos \phi$  1 fasa pada beban linier dan *non linier*

Merk	Daya			Tegangan (V)	Arus (A)	Frekuensi (Hz)	Cos $\phi$
	P (kW)	S (kVA)	Q (kVAR)	Vrms	Irms		
Philips 18 W	0,017	0,030	0,023	211,4	0,142	50,1	0,63
Panasonic 18 W	0,016	0,029	0,022	210,3	0,138	50,2	0,63
Hannochs 18 W	0,015	0,029	0,024	211,4	0,142	50,1	0,58
Shukaku 18 W	0,016	0,026	0,024	210,1	0,128	50,0	0,62
Lampu TL 40 W	0,025	0,068	0,063	210,1	0,326	49,8	0,37
Kipas angin Sanex 22 W	0,014	0,022	0,017	210,2	0,108	50,1	0,64
Komputer Compaq 3000	0,030	0,065	0,057	210,6	0,343	50,2	0,46
Laptop Acer AOD 250	0,029	0,061	0,053	210,7	0,293	50,0	0,48
TV Sharp	0,050	0,095	0,081	210,3	0,454	50,1	0,52
Lampu Pijar 40 W	0,035	0,035	0,026	208,6	0,168	50,0	1,00

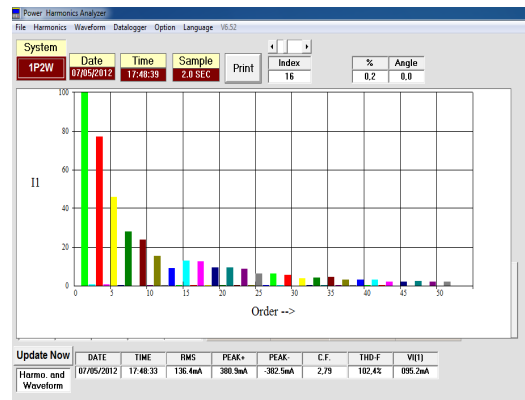
Kipas angin Sanex 22 W	4,5	217,8	3,3	9,1	1,8	0,8	0,4	0,3
Komputer Compaq 3000	2,7	220,6	1,4	5,1	1,6	1,3	0,7	0,4
Laptop Acer AOD 250	2,7	218,1	1,7	4,9	1,7	1,2	0,9	0,3
TV Sharp	2,6	219,4	1,4	5,0	1,8	0,9	0,6	0,4
Lampu Pijar 40 W	3,5	212,4	5,9	3,6	2,2	1,4	1,2	0,2

Tabel 4.2 Data Pengukuran Harmonisa Arus (THDi) pada Beban 1 fasa

Merk	Pengukuran Harmonisa							
	Arus (Mili ampere)							
	THD <sub>i</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>7</sub>	I <sub>9</sub>	I <sub>11</sub>	I <sub>13</sub>
Philips 18 W	126,7	73,6	72,7	41,5	27,9	23,9	14,3	8,0
Panasonic 18 W	99,9	95,7	73,1	43,8	28,5	24,9	15,2	7,7
Hannochs 18 W	113,2	90,7	72,1	49,3	32,9	29,4	26,4	18,4
Shukaku 18 W	128,4	75,3	64,6	47,5	32,3	26,6	25,8	23,1
Lampu TL 40 W	98,9	0,11	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
Kipas angin Sanex 22 W	9,8	107,6	10,2	2,0	0,6	0	0,3	0
Komputer Compaq 3000	171,4	153,3	138,6	128,8	115,6	99,8	80,3	60,3
Laptop Acer AOD 250	156,5	146,7	136,6	119,2	98,8	75,8	53,3	39,5
TV Sharp	120,7	267,6	207	181,8	134,6	84,6	52,9	23,8
Lampu Pijar 40 W	1,2	168,9	1,6	0,3	0,6	0,8	0,6	0,4



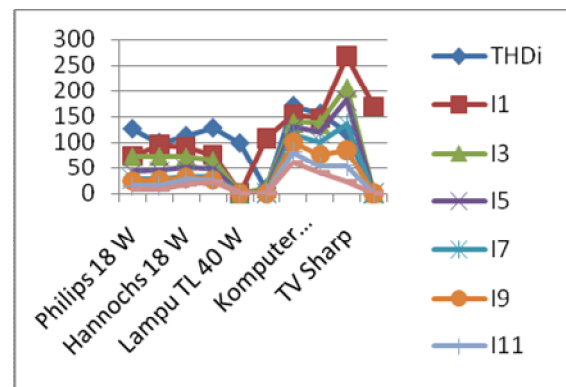
Gambar 4.3 spektrum arus pada lampu Philips 18 W



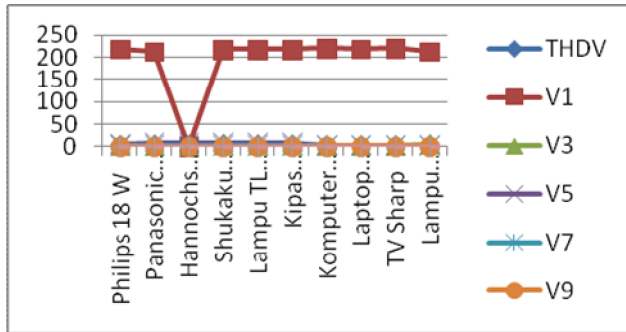
Gambar 4.4 spektrum arus pada lampu Panasonic 18 W

Tabel 4.3 Data Pengukuran Harmonisa Tegangan (THDv) pada Beban 1 fasa non linier

Merk	Pengukuran Harmonisa							
	Tegangan (Volt)							
	THD <sub>v</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>7</sub>	V <sub>9</sub>	V <sub>11</sub>	V <sub>13</sub>
Philips 18 W	2,9	218,6	1,3	5,5	2,0	1,1	0,9	0,6
Panasonic 18 W	4,2	212,2	1,5	8,5	2,1	0,7	0,6	0,6
Hannochs 18 W	4,2	212,2	1,6	8,4	1,9	1,0	0,7	0,5
Shukaku 18 W	4,9	216,6	3,2	9,7	2,2	1,1	0,5	0,5
Lampu TL 40 W	4,6	217,8	3,3	9,2	2,1	1,2	0,4	0,3



Gambar 4.5 Grafik total harmonik distorsi arus (THDi)



Gambar 4. 6 Grafik total harmonic distorsi Tegangan (THDv)

5. Pembahasan

Jika dilihat dari tabel 4.1 terlihat bahwa konsumsi daya oleh jenis beban non linier pada pengukurannya lebih kecil dari daya yang tercantum pada beban itu sendiri, yang artinya beban non linier mengkonsumsi energi lebih hemat terlihat pada table 4.1.

Sementara itu pada seluruh kapasitas beban non linier yang diukur seperti lampu hemat energi konsumsi daya (daya aktif, daya nyata, dan daya reaktif) oleh lampu hemat energi merk philips lebih besar jika dibandingkan dengan lampu hemat energi merk yang lain. Hal ini dikarenakan lampu hemat enegi merk philips menarik arus lebih besar daripada lampu hemat energi merk yang lainnya. Dan untuk lampu lampu fluorescent konsumsi daya yang terlihat pada tabel juga lebih rendah daripada daya yang tercantum pada beban itu sendiri begitupun untuk computer Compaq dan laptop Acer. Sedangkan untuk jenis beban linier konsumsi daya yang terpakai lebih hemat juga jika dibandingkan dengan daya yang tercantum pada beban itu sendiri, misalnya pada kipas angin dan lampu pijar daya yang tertera adalah 22 W dan 40 W tetapi setelah dilakukan pengukuran daya yang terukur tidak sampai melebihi nilai yang tertera pada peralatan tersebut.

Untuk menganalisa THD arus, maka kita perlu menghitung terlebih dahulu nilai perbandingan antara  $I_{sc}$  dan  $I_1$ . dari perbandingan ini kita bisa mengetahui apakah nilai THD yang ada dan yang diperoleh dari hasil pengukuran melebihi standar atau tidak (lihat tabel 2.1 *Maximum Harmonics Current Distortion in % of fundamental*) pada bab II.

Berikut ini merupakan contoh perhitungan perbandingan antara  $I_{sc}$  (merupakan arus hubung singkat pada trafo) dengan  $I_L$  ( $I_{rms}$ ) pada Lampu Hemat Energi Philips 18 W terdapat  $I_L$ nya 0,142 A

$$I_{sc} / I_L = 15,19 \text{ kA} / 0,142 \text{ A} = 106,97180 \text{ kA}$$

Jika ( $I_{sc} / I_L > 1000 \text{ A}$ , maka standar  $THD_i$  besarnya adalah 20% berdasarkan pada tabel 2.1)

Kemudian berdasarkan pengukuran lampu hemat energi terlihat bahwa kandungan harmonisa yang diperlihatkan (orde 3, 5, 7, dan 9) relatif kecil dibandingkan arus *fundamental*nya. Kandungan harmonisa ini dapat dijelaskan bahwa sesuai dengan persamaan (2-17) pada bab 2 adalah sebagai berikut:

$$I_{rms} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 \dots + I_n^2}$$

Misalnya pada hasil pengukuran lampu hemat energi Philips 18 W terdapat 0,0736 A arus rms *fundamental* ( $I_{rms}=I_1$ ), pada harmonik ke-3 diperoleh 0,0727A, harmonik ke-5 0,0415A, harmonik ke-7 diperoleh 0,027A, ... , dan harmonik ke-13 diperoleh 0,008 maka

$$I_{rms} = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + \dots + I_n^2}$$

$$I_{rms} = 0,13 \text{ A}$$

Penambahan arus ini ( $I_{rms} > I_1$ ) menyebabkan %  $THD_i$  menjadi tinggi. Yaitu sesuai persamaan, maka dapat diperoleh:

$$THD_i = \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + \dots + I_n^2}}{I_1} \times 100\%$$

$$THD_i = 126,1 \%$$

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini :

Tabel 4.4. Pengukuran dan Perhitungan Standar Harmonisa Arus pada beban non linier

Jenis Beban	Pengukuran		Perhitungan $I_{sc}/I_1$ ( $I_{sc}=15190\text{A}$ )	Standar IEEE 519-1992	Keterangan
	$I_{rms}$ (A)	$THD_i$ (%)			
Philips 18 W	0,142	126,7	10671,83	20%	Melebihi Standar
Panasonic 18 W	0,138	99,1	110072,46	20%	Melebihi Standar
Hannochs 18 W	0,142	113,6	106971,83	20%	Melebihi Standar
Shukaku 18 W	0,128	128,6	118671,88	20%	Melebihi Standar
Lampu TL 40 W	0,326	99,1	46595,09	20%	Melebihi standar
Komputer Compaq	0,343	171,6	44285,71	20%	Melebihi Standar
Laptop Acer AOD 250	0,293	171,5	51843,00	20%	Melebihi Standar
TV Sharp	0,454	120,8	33458,14	20%	Melebihi Standar

Tabel 4.5. Pengukuran dan Perhitungan Standar Harmonisa Arus pada beban linier

Jenis Beban	Pengukuran	Perhitungan	Standar	Keterangan
-------------	------------	-------------	---------	------------

	I <sub>rms</sub> (A)	THD <sub>i</sub> (%)	I <sub>e</sub> /I <sub>1</sub> (I <sub>sc</sub> =15190A)	IEEE 519-1992	
Kipas Angin Sanex 22 W	0,108	9,7	140648,15	20%	standar
Lampu Pijar 40 W	0,168	1,2	90416,66	20%	standar

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut ini :

Secara keseluruhan nilai-nilai pada masing-masing jenis beban non linier yang terukur yaitu di atas 70%, dan hal ini telah melebihi standar IEEE 519-1992 yaitu maksimal 20 %. Tingginya nilai THD<sub>i</sub> ini diakibatkan karena penggunaan komponen-komponen semikonduktor pada alat-alat tersebut. Komponen-komponen tersebut menghasilkan arus harmonisa yang besar pada setiap ordenya. Dari hasil ini, maka dapat dianalisa bahwa penggunaan alat-alat elektronik tersebut dapat menyebabkan adanya harmonisa arus yang sangat besar pada setiap ordenya. Dan hal ini memiliki implikasi negatif yaitu memperburuk bertambahnya nilai I<sub>rms</sub> dari arus *fundamentalnya*, berbeda terbalik dengan jenis beban linier yang tidak menggunakan komponen-komponen semi konduktor pada alat-alat tersebut yang nilai THDi yang dihasilkan masih memenuhi standar dapat dilihat pada tabel diatas. Untuk perbandingan nilai THDi dari hasil pengukuran dengan perhitungan memiliki nilai selisih yang tidak terlalu jauh berbeda sekitar 1% - 5%.

Untuk analisa THD tegangan, dapat dilihat berdasarkan tegangan sistem yang dipakai, yaitu dibawah 69 kV menurut standarisasi IEEE 519-1992. Kemudian dari hasil pengukuran yang diperoleh dilakukan perbandingan dengan standar yang telah ada (lihat Tabel 2.2. *Maximum Harmonics Voltage Distortion in %*). Kemudian berdasarkan data pengukuran harmonisa tegangan diatas tampak bahwa kandungan harmonisa yang diperlihatkan (orde 3, 5, 7, dan 9) mempengaruhi besarnya tegangan efektif (V<sub>rms</sub>). Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut sesuai dengan persamaan (2-18) di bab 2 :

$$V_{rms} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2}$$

Misalnya pada hasil pengukuran lampu hemat energi Philips 18 W terdapat 218,6 V tegangan *fundamental* (V<sub>rms</sub>=V<sub>1</sub>), pada harmonik ke-3 diperoleh 1,3 V, harmonik ke-5 5,5 V, harmonik ke-7 2,0 V, dan seterusnya maka :

$$= 218,7 V$$

Penambahan tegangan ini (V<sub>rms</sub>>V<sub>1</sub>) mempengaruhi % THD<sub>v</sub>. Yaitu sesuai dengan persamaan dibawah ini maka dapat diperoleh:

$$THD_v = \frac{\sqrt{V_3^2 + V_5^2 + V_7^2 + \dots + V_n^2}}{V_1} = 2,8 \%$$

Tabel 4.6 Pengukuran Standar Harmonisa Tegangan pada Lampu Hemat energi, fluorescent, kipas angin, serta beberapa jenis beban lainnya

Jenis Beban	Pengukuran		Standar IEEE 519-1992	Keterangan
	V <sub>rms</sub> (V)	THD <sub>v</sub> (%)		
Philips 18 W	218,6	2,8	5 %	Tidak Melebihi Standar
Panasonic 18 W	212,2	4,2	5 %	Tidak Melebihi Standar
Hannochs 18 W	212,2	4,2	5 %	Tidak Melebihi Standar
Shukaku 18 W	216,6	4,9	5 %	Tidak Melebihi Standar
Lampu TL 40 W	217,8	4,6	5 %	Tidak Melebihi Standar
Kipas angin Sanex 22 W	217,8	4,5	5 %	Tidak Melebihi Standar
Komputer Compaq 3000	220,6	2,6	5 %	Tidak Melebihi Standar
Laptop Acer AOD 250	218,1	2,6	5 %	Tidak Melebihi Standar
TV Sharp	219,4	2,6	5 %	Tidak Melebihi Standar
Lampu Pijar 40 W	214,7	3,5	5 %	Tidak Melebihi Standar

5. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

1. Dari hasil pengukuran bahwa lampu hemat energi merk Philips nilai THD<sub>v</sub> lebih rendah daripada lampu hemat energi merk Panasonic, hannochs, dan shukaku. Hal ini terlihat bahwa kandungan harmonisa tegangan (M<sub>h</sub>) yang diperlihatkan (orde 3, 5, 7, dan 9) pada lampu phillips lebih kecil dibandingkan dengan kandungan harmonisa tegangan (M<sub>h</sub>) yang diperlihatkan (orde 3, 5, 7, dan 9) pada lampu panasonic, hannochs, dan shukaku.
2. Secara keseluruhan lampu hemat energi yang telah diukur mempunyai nilai THD<sub>v</sub> yang rendah dan tidak melebihi standar, yakni semuanya di bawah 5% sesuai dengan standar IEEE 519-1992. Begitupun dengan jenis beban lainnya seperti lampu fluorescent, kipas angin, computer, laptop, televisi dan lampu pijar Nilai THD<sub>v</sub> yang terukur yaitu antara

2,6% - 4,9% semuanya tidak melebihi standar yang telah ditetapkan.

3. ecara keseluruhan beban non linier seperti lampu hemat energi, laptop, TV, computer PC mempunyai nilai THDI yang tinggi dan melebihi standar, yakni semuanya di atas 20% yang tidak sesuai dengan standar IEEE 519-1992. Sedangkan beban linier seperti lampu pijar dan kipas angin mempunyai THDI yang rendah dibawah 20% dan tidak melebihi standar.

#### SARAN

Untuk mengurangi gangguan harmonisa yang ditimbulkan oleh beban non linier seperti lampu hemat energy dan beban beban non linier lainnya sebaiknya disarankan untuk menggunakan filter yang sederhana yaitu dengan menggunakan rangkaian LC yang dipasang paralel dengan beban hal ini untuk menyaring harmonic orde ke-3

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Elih Mulyana dkk, *Analisis Harmonisa Arus dan Tegangan di Gedung TLK UPI*, Peneliti Kompetiti UPI, 2008.
- [2]. J. Arrillaga, D.A Badley, (1985), *Power Systems Harmonics*, John Wiley and Sons.
- [3]. Malum Ambarita, *Studi dan Simulasi Perbaikan Faktor Daya pada Masukan Penyearah 1 Phasa diode Jembatan dengan Filter Paralel Resonant*, USU Repository, 2009.
- [4]. Syarifudin dan Dahaman, *Effect of Harmonic Current Componen to Active Power Losses on Power Transformator*, University of Tanjungpura, 2007
- [5]. Masri Syarifudin, (2011) . *Analisis Kualitas Dengan System Distribusi Tenaga Listrik Perumahan Modern*, Jurna Rekayasa Elektrika Volume 3 No 2.
- [6]. Marjuni Kadang , Jon. (2006), *“Studi Efek Harmonisa Akibat Pengaruh Lampu Hemat Energi Other Thesis”* , Petra Christian University.
- [7]. Syarifudin dan Dahaman, *Effect of Harmonic Current Componen to Active Power Losses on Power Transformator*, University of Tanjungpura, 2007
- [8]. Sankran, C, (2003), *“Power Quality”*, Florida CKC Press LLC.
- [9]. Tinohardika, Mutiar, ST., MT (2010), *Analisa S Pengukuran Harmonisa Yang Ditimbulkan Oleh Beban Non Linier*