

Analisis Pengaruh Peralatan Laboratorium Terhadap Kualitas Daya Pada Laboratorium Elektroteknika Dasar

Jamhir Islami

Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP) Ahli Muda
Laboratorium Elektroteknika Dasar Fakakultas Teknik Untan
email : anonk_21@yahoo.com

Abstract– Meningkatnya penggunaan beban non-linier pada pada laboratorium dapat menyebabkan munculnya harmonisa yang dapat mengganggu sistem distribusi energi listrik. Dengan melakukan pengukuran secara langsung menggunakan Fluke 43B Power Quality Analyzer pada beberapa peralatan laboratorium, maka dapat diketahui bahwa harmonisa dapat memperburuk kualitas daya yang dapat meningkatkan rugi-rugi pada sistem distribusi energi listrik, sehingga terjadinya pemborosan energi. Dalam penelitian ini pengukuran dilakukan pada beberapa jenis peralatan laboratorium seperti osiloskop, komputer, catu daya DC, dan sebagainya. Setelah diteliti, maka beban lampu hemat energi (LHE) dan komputer (PC) merupakan beban listrik dengan kandungan harmonisa tertinggi yaitu sebesar 81,1 % dan 72,2 %. Dengan memperkecil nilai kandungan arus harmonisa yang disebabkan oleh beban non-linier maka akan menyebabkan nilai THDi menjadi lebih kecil sehingga rugi-rugi pemakaian energi listrik dapat dihindari.

Keywords- harmonisa, THDi, rugi-rugi

1. Pendahuluan

Meningkatnya pertumbuhan ekonomi seiring dengan semakin banyaknya peralatan-peralatan elektronik yang dimiliki oleh suatu instansi swasta maupun milik pemerintah dalam melakukan kegiatan sehari-hari seperti komputer, printer, motor-listrik, catu daya, maupun lampu-lampu penerangan.

Peralatan laboratorium merupakan jenis beban non-linier yang dapat menyebabkan munculnya harmonisa yang dapat mengganggu sistem distribusi listrik. Adanya harmonisa ini menyebabkan gelombang arus dan tegangan menjadi cacat dan tidak sinusoidal lagi sehingga akan berakibat pada bertambahnya rugi-rugi beban, rugi-rugi daya, serta dapat menyebabkan pembebanan lebih pada kawat netral. Harmonisa juga merambat ke seluruh jaringan instalasi, membuat kabel lebih panas, kemampuan mesin/motor listrik menurun, sambungan kabel dan trafo menjadi lebih panas dan bisa mengakibatkan kebakaran [1].

Oleh karena itu penggunaan peralatan laboratorium dapat menyebabkan kualitas daya listrik akan menjadi lebih buruk akibat adanya harmonisa yang timbul dari peralatan-peralatan tersebut, sehingga pada akhirnya akan menyebabkan kerugian pada pemanfaatan energi

listrik serta dapat menyebabkan rusaknya peralatan-peralatan yang digunakan.

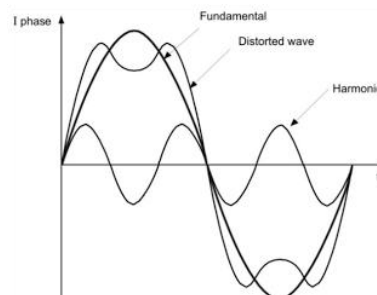
2. Dasar Teori

Distorsi harmonisa merupakan suatu fenomena yang timbul akibat terdistorsinya gelombang sinusoidal secara periodik akibat adanya beban non-linear.

Beban linear adalah beban yang impedansinya selalu konstan sehingga arus selalu berbanding lurus dengan tegangan setiap waktu. Beberapa contoh beban linear adalah lampu pijar, pemanas, resistor, dan lain-lain. Sedangkan beban non linear adalah beban yang impedansinya tidak konstan dalam setiap periode tegangan masukan, sehingga arus yang dihasilkan tidak berbanding lurus dengan tegangan yang diberikan. Gelombang arus yang dihasilkan oleh beban non linear tidak sama dengan bentuk gelombang tegangan sehingga terjadi cacat (distorsi)[2].

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

Sebagai contoh frekuensi dasar dari sistem kelistrikan di Indonesia adalah 50 Hz, maka urutan harmonisa keduanya adalah gelombang dengan frekuensi 100 Hz, harmonisa ketiga dengan frekuensi 150 Hz dan seterusnya. Gelombang harmonisa ini akan berkombinasi dengan gelombang dasarnya, sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan penjumlahan antara gelombang dasar dengan gelombang harmoniknya [3].



Gambar 1. Bentuk Gelombang Terdistorsi Harmonisa
Standar harmonisa berdasarkan standar IEEE 519-1992 “*Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*”. Ada dua kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonisa. Yaitu batasan untuk harmonisa arus, dan

batasan untuk harmonisa tegangan. Untuk standard harmonisa arus, ditentukan oleh rasio I_{sc}/I_L . I_{sc} adalah arus hubung singkat yang ada pada PCC (*Point of Common Coupling*), sedangkan I_L adalah arus beban fundamental nominal. Sedangkan untuk standard harmonisa tegangan ditentukan oleh tegangan sistem yang dipakai [4].

Untuk menentukan THD_I (*total harmonic distortion*) arus menggunakan persamaan:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \dots\dots\dots(1)$$

dimana :
 THD_I = THD (*total harmonic distortion*) arus
 I_h = arus harmonisa ke-h
 I_1 = arus beban pada frekuensi fundamental

3. Perhitungan Daya Pada Beban Non-Sinusoidal [1]

Di dalam sistem tenaga yang mengandung distorsi harmonisa mempunyai bentuk gelombang yang non-sinusoidal dan mengalami penjumlahan frekuensi dari frekuensi fundamentalnya. Persamaan daya nyata S untuk tegangan dan arus sinusoidal dan non-sinusoidal dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$S = V_{rms} \times I_{rms} \dots\dots\dots(2)$$

dimana :
 V_{rms} = nilai tegangan dalam rms
 I_{rms} = nilai arus dalam rms
 Untuk beban sinusoidal, arus dan tegangan hanya mengandung frekuensi fundamental saja sehingga :

$$V_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_1 \text{ dan } I_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_1 \dots\dots\dots(3)$$

dimana V_1 dan I_1 merupakan amplitudo gelombang tegangan dan arus.

Untuk beban non-sinusoidal yang mengandung distorsi harmonisa persamaan (3) menjadi :

$$V_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{h_{max}} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} V_h \right)^2} \dots\dots\dots(4)$$

$$I_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{h_{max}} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} I_h \right)^2} \dots\dots\dots(5)$$

dimana V_h dan I_h merupakan amplitudo tegangan dan arus harmonisa ke-h.
 Daya aktif P dinyatakan pada persamaan berikut :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T v(t)i(t)dt \dots\dots\dots(6)$$

Persamaan (6) di atas dapat digunakan untuk beban sinusoidal dan non-sinusoidal.

Pada beban non-sinusoidal, perhitungan daya aktif harus mengandung semua komponen harmonisa yang merupakan penjumlahan daya aktif pada masing-masing

harmonisa. Daya reaktif Q pada beban sinusoidal dinyatakan pada persamaaa (7)

$$Q = S \sin \theta_1 = \frac{V_1 I_1}{2} \sin \theta_1 \dots\dots\dots(7)$$

Untuk beban yang mengandung distorsi harmonisa, daya reaktif Q merupakan penjumlahan dari nilai daya reaktif pada masing-masing frekuensi sehingga :

$$Q = \sum_k V_k I_k \sin \theta_k \dots\dots\dots(8)$$

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengukuran Daya, Cos φ, dan THD

untuk mengetahui berapa besar kandungan harmonisa tegangan dan arus yang ditimbulkan oleh peralatan listrik pada laboratorium, maka dilakukan pengukuran pada beberapa jenis peralatan seperti pada tabel berikut :

Tabel 1. Hasil Pengukuran Peralatan Laboratorium

Nama Alat	Daya Aktif (W)	Daya Nyata (VA)	Cos φ	VTHD (%)	ITHD (%)
Osiloskop	30	35	0.85	1.9	53.7
Komputer	163	240	0.68	2.2	72.2
UPS	51	76	0.67	2.0	51.6
Catu Daya DC	300	520	0.57	1.9	37.6
Water Dispenser	350	350	1	1.9	9.8
Mesin Bor	120	300	0.41	2.0	3.9
LHE 40W	30	59	0.52	1.7	81.1
Fluoresen 40W	50	80	0.58	2.0	7.0
Pijar 40W	35	35	1	1.6	1.7

4.2. Metode Pengukuran

Pengukuran dilakukan secara langsung pada beberapa peralatan laboratorium dengan menggunakan alat ukur Fluke 43B Power Quality Analyzer yang dilakukan di laboratorium seperti pada gambar berikut :



Gambar 1. Pengukuran Osiloskop



Gambar 2. Pengukuran Komputer (PC)



Gambar 3. Pengukuran UPS



Gambar 4. Pengukuran Catu Daya DC



Gambar 5. Pengukuran Water Dispenser



Gambar 6. Pengukuran Mesin Bor



Gambar 7. Pengukuran LHE 40W



Gambar 8. Pengukuran Fluoresen 40W

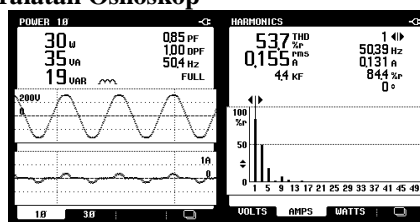


Gambar 9. Pengukuran Lampu Pijar 40W

4.3. Analisis Harmonisa Peralatan Laboratorium

Hasil analisis terhadap hasil pengukuran peralatan-peralatan laboratorium dapat dijelaskan seperti berikut ini.

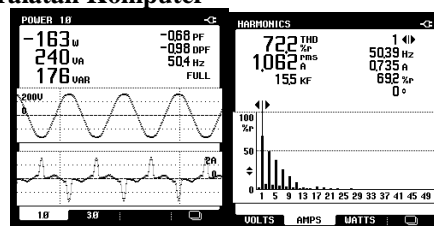
a. Peralatan Osiloskop



Gambar 10. Daya dan Spektrum Harmonisa Osiloskop

Pada beban osiloskop menghasilkan THDi sebesar 53,7 % dan arus 0,155 A yang menghasilkan spektrum harmonisa dengan harmonisa ketiga yang dominan kemudian terus turun untuk harmonisa selanjutnya.

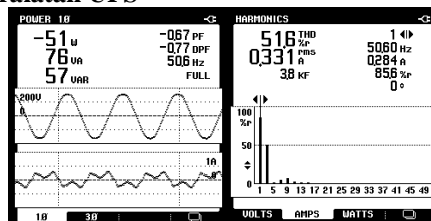
b. Peralatan Komputer



Gambar 11. Daya dan Spektrum Harmonisa Komputer

Pada beban komputer yang terdiri atas CPU, monitor dan UPS menghasilkan THDi sebesar 72,2 % dengan arus 1,062 A yang menghasilkan spectrum harmonisa dengan harmonisa ketiga yang dominan kemudian terus turun untuk harmonisa selanjutnya.

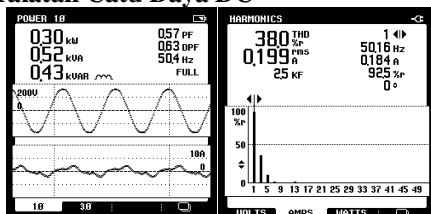
c. Peralatan UPS



Gambar 12. Daya dan Spektrum Harmonisa UPS

Pada beban UPS menghasilkan THDi sebesar 51,6 % dengan arus 0,331 A yang menghasilkan spectrum harmonisa dengan harmonisa ketiga yang dominan kemudian terus turun untuk harmonisa selanjutnya.

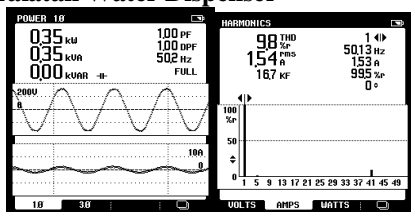
d. Peralatan Catu Daya DC



Gambar13. Daya dan Spektrum Harmonisa Catu Daya DC

Pada beban catu daya DC menghasilkan THDi sebesar 38,0 % dengan arus 0,199 A yang menghasilkan spectrum harmonisa dengan harmonisa ketiga yang dominan kemudian terus turun untuk harmonisa selanjutnya.

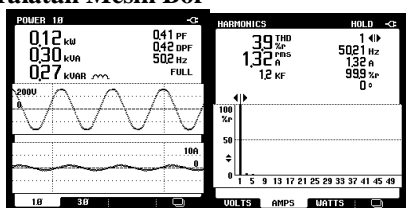
e. Peralatan Water Dispenser



Gambar 14. Daya dan Spektrum Harmonisa Dispenser

Pada beban dispenser menghasilkan THDi sebesar 9,8 % dengan arus 1,54 A dimana beban ini termasuk beban dengan bentuk gelombang arusnya hampir tidak mengalami distorsi (sinusoidal) sehingga hampir tanpa harmonisa (THDi mendekati nol) dengan faktor daya 1.

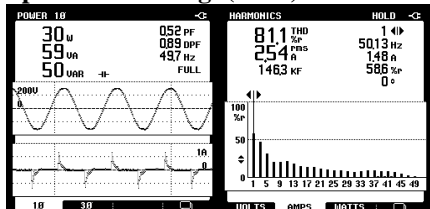
f. Peralatan Mesin Bor



Gambar15. Daya dan Spektrum Harmonisa Mesin Bor

Pada beban mesin bor menghasilkan THDi sebesar 3,9 % dengan arus 1,32 A dimana beban ini termasuk beban dengan bentuk gelombang arusnya hampir tidak mengalami distorsi (sinusoidal) sehingga hampir tanpa harmonisa (THDi mendekati nol). Beban ini mempunyai faktor daya yang rendah akibat dari beban induktor yang menyebabkan terjadinya pergeseran fasa antara arus dan tegangan.

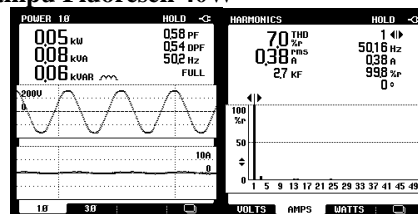
g. Lampu Hemat Energi (LHE) 40W



Gambar16. Daya dan Spektrum Harmonisa LHE 40W

Pada beban lampu hemat energy menghasilkan THDi sebesar 81,1 % dengan arus 2,54 A yang menghasilkan spectrum harmonisa dengan harmonisa ketiga yang dominan kemudian terus turun untuk harmonisa selanjutnya.

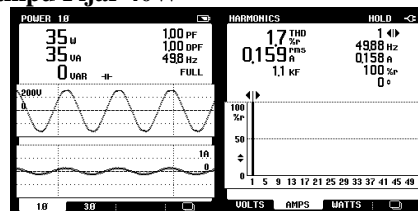
h. Lampu Fluoresen 40W



Gambar17. Daya dan Spektrum Harmonisa Lampu Fluoresen 40W

Pada beban lampu fluoresen menghasilkan THDi sebesar 7,0 % dengan arus 0,38 A dimana beban ini termasuk beban dengan bentuk gelombang arusnya hampir tidak mengalami distorsi (sinusoidal) sehingga hampir tanpa harmonisa (THDi mendekati nol). Hal ini disebabkan karena lampu fluoresen jenis ini menggunakan ballast konvensional, sehingga hanya akan mengakibatkan faktor daya menjadi rendah akibat adanya pergeseran fasa antara arus dan tegangan akibat induktor ballast dan bukan karena harmonisa.

i. Lampu Pijar 40W



Gambar18. Daya dan Spektrum Harmonisa Lampu Pijar 40W

Pada beban lampu pijar menghasilkan THDi sebesar 1,7 % dengan arus 0,159 A dimana beban ini mempunyai bentuk gelombang yang tidak mengalami distorsi (sinusoidal) dengan factor daya 1, sehingga dapat dianggap sebagai beban tanpa harmonisa (THDi sama dengan nol).

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan pada beberapa jenis peralatan laboratorium maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sebagian besar peralatan laboratorium merupakan beban non-linear dengan sistem SMPS (*switch mode power supply*) seperti osiloskop, komputer, catu daya DC, dan beban sejenisnya yang dapat menimbulkan harmonisa yang dapat memperburuk kualitas daya, yaitu menimbulkan rugi-rugi pada sistem distribusi energi listrik.
2. Harmonisa arus pada lampu hemat energi (LHE) didominasi oleh harmonisa arus orde ke-3 yaitu sebesar $3 \times 50 \text{ Hz} = 150 \text{ Hz}$ dengan arus harmonisa paling besar yaitu sebesar 81,1%.
3. Dengan memperkecil kandungan arus harmonisa yang disebabkan oleh beban non-linear ($\sum I_h^2$) akan menyebabkan nilai THD₁ menjadi lebih kecil sehingga rugi-rugi pemakaian daya listrik dapat dikurangi sehingga dapat menghemat penggunaan energi listrik.

Referensi

- [1] Roger, C.D., McGranaghan, MF., Beaty, H.W., Santoso, S., (2002) : *Electrical Power System Quality*, Hal : 173, NewYork, McGraw-Hill.
- [2] Diky, I.N., Amien, S., (2015) : *Studi Perbandingan Beban Linear dan Non Linear Terhadap Kinerja Generator Sinkron Tiga Fasa*, Singuda Ensikom Vol. 12 No. 3, DTE FT, Universitas Sumatera Utara (USU).
- [3] Irman, (2014) : *Penurunan Konsumsi Daya (VA) Peralatan Listrik Rumah Tangga Dengan Mereduksi Distorsi Harmonisa Menggunakan Single Tuned Filter*, Tesis Program Magister Teknik Elektro, Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- [4] IEEE Std. 519-1992 (1992) : *IEEE Recommended Practices and Requerements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*, IEEE, New York.
- [5] Jos Arrillaga., Watson, N.R., ((2003) : *Power System Harmonics*, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
- [6] Syafrudin Masri, (2004) : *Analisa Kualitas Daya Sistem Distribusi Tenaga Listrik Perumahan Modern*, Jurnal Rekayasa Elektrika Vol. 3 No. 2, Universiti Sains Malaysia.

Biografi

Jamhir Islami, lahir di Singkawang pada tanggal 21 Juni 1972. Gelar S-1 diperoleh dari Universitas Tanjungpura (Untan) Pontianak pada tahun 2005. Tahun 2009 menyelesaikan program Magister (S-2) dalam bidang Manajemen Energi dari Universitas Tanjungpura Pontianak. Sejak tahun 1996 hingga sekarang menjadi pranata laboratorium pendidikan (PLP) pada laboratorium Elektroteknika Dasar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Untan. Bidang keahlian yang diminati Instalasi Listrik dan Elektronika.