

SIMULASI KUALITAS DAYA SALURAN DISTRIBUSI SEKUNDER PERUMAHAN

Andi Faharuddin¹⁾ dan Gunawan Wibisana²⁾

¹⁾ Jur. Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

²⁾ Jur. Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang

ABSTRAK

Lazimnya, beban listrik pada perumahan berupa kombinasi antara beban linear dan beban nonlinear. Beban-beban nonlinear misalnya peralatan-peralatan elektronik yang terpakai di rumah, berpotensi menurunkan kualitas daya saluran distribusi sekunder secara signifikan akibat besarnya kandungan harmonik arus yang ditariknya. Persentase THD arus yang tinggi pada sistem, dapat menyebabkan beberapa persoalan harmonisa seperti misalnya meningkatnya rugi-rugi sistem, overload penghantar netral, interferensi pada sistem komunikasi dan lain sebagainya. Pada penelitian ini, beban sistem distribusi sekunder perumahan dimodelkan dalam tiga macam model: model beban linear, nonlinear dan gabungan beban linear dan nonlinear, di dalam laboratorium. Selanjutnya, diadakan simulasi dan pengukuran pada saluran penyuplai daya (distribusi sekunder) bagi masing-masing model-model tersebut dengan menggunakan alat ukur *power fluke analyzer 43*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model beban nonlinear menyebabkan degradasi kualitas daya yang sangat signifikan (hingga kisaran 90 persen), jauh melebihi beban linear. Model beban linear menjadi model yang sesuai dengan standar distorsi harmonisa yang ditetapkan oleh *IEEE-519-1992*.

Kata kunci : THD, individu harmonisa, spektrum harmonisa, beban linear, beban nonlinear, sistem distribusi sekunder.

I. LATAR BELAKANG

Sistem tenaga listrik dirancang sedemikian rupa untuk beroperasi pada frekuensi 50 Hz atau 60 Hz. Bentuk gelombang tegangan dan arus pada sistem tenaga listrik seharusnya berbentuk sinusoidal murni. Akan tetapi akibat adanya pemakaian beban yang bersifat nonlinear, maka bentuk gelombang tegangan dan arus tidak lagi sinusoidal murni. Gangguan pada sistem tenaga listrik ini dikenal dengan istilah harmonisa (Skvarenina, 2002). Harmonisa merupakan tegangan atau arus sinusoidal yang frekuensinya merupakan kelipatan dari frekuensi dasar (frekuensi dasar biasanya 50 Hz atau 60 Hz). Beban yang bersifat nonlinear tersebut berupa peralatan elektronik (Dutria, 2003).

Beban pada perumahan merupakan kombinasi dari beban linear dan beban nonlinear. Perumahan kini banyak tersambung dengan beban nonlinear berupa peralatan-peralatan elektronik. Aplikasi peralatan elektronik semakin lama semakin meningkat jumlah dan jenisnya. Hal inilah yang

menyebabkan terjadinya peningkatan distorsi harmonisa pada sistem distribusi tenaga listrik yang mensuplainya. Tingginya tingkat kandungan distorsi harmonisa pada sistem distribusi tenaga listrik dapat menimbulkan berbagai macam persoalan harmonisa dan kualitas daya yang serius (Masri, 2004).

Seberapa besar THD pada sistem distribusi sekunder yang menyuplai beban linear, beban nonlinear baik secara individu maupun secara berkelompok, menjadi pertanyaan terpenting dan akan dijawab dalam penelitian ini. Demikian pula, seberapa besar THD di sistem distribusi akibat menyuplai kombinasi beban linear dengan nonlinear, pun akan dijawab oleh penelitian ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beban listrik

Dalam sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linear dan beban nonlinear. Sementara penyaluran daya listrik menggunakan frekuensi tunggal dan konstan

serta pada tegangan tertentu, misalnya pada frekuensi 50 Hz, 220 Volt. Beban linear adalah beban yang memberikan bentuk keluaran linear, artinya daya yang mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan (Nugroho, 2004).

Namun mengingat perkembangan teknologi elektronika dan teknologi sistem konversi serta kontrol yang menjadi beban listrik akan mempengaruhi karakteristik pada tegangan, arus, frekuensi dan bentuk gelombang artinya bentuk berubah atau cacat beban disebut beban nonlinear.

Beban listrik yang digunakan jika tidak berpengaruh pada bentuk gelombang (sinus) sumbernya maka disebut beban linear karena naik dan turunnya arus (gelombang) sesuai dengan bentuk gelombang tegangan. Bila tegangan sumber sinusoidal maka arus yang melewati beban harus sinusoidal juga.

Beban listrik yang digunakan jika berpengaruh pada bentuk gelombang (sinus) sumbernya, maka disebut beban nonlinear karena naik dan turunnya arus (gelombang) tidak sesuai dengan bentuk gelombang tegangan. Bila tegangan sumber sinusoidal maka arus lewat beban tidak sinusoidal lagi.

2.2 Harmonisa

Beban nonlinear akibat komponen nonlinear yang digunakan akan berpengaruh terhadap kecacatan bentuk gelombang input baik arus maupun tegangan dan kecacatan gelombang ini akan menimbulkan harmonisa. Beban nonlinear menimbulkan perkalian frekuensi dasar (harmonisa) yang *super impose* pada gelombang dasarnya.

Harmonisa merupakan tegangan atau arus sinusoidal yang frekuensinya merupakan kelipatan dari frekuensi dasar (frekuensi dasar biasanya 50 Hz atau 60 Hz). Harmonisa pada sistem tenaga listrik bukanlah suatu permasalahan yang baru, akan tetapi perlu mendapat perhatian yang besar. Harmonisa yang terjadi pada suatu jaringan listrik berlangsung secara periodik, selama jaringan tersebut masih mensuplai beban yang bersifat nonlinear. Kondisi normal untuk bentuk gelombang tegangan dan arus adalah berbentuk sinusoidal murni. Pada kondisi yang tidak

normal atau pada kondisi sistem mensuplai beban yang bersifat nonlinear, maka bentuk gelombang arus dan tegangan tidak lagi berbentuk sinusoidal murni atau mengalami cacat akibat adanya harmonisa tersebut.

Harmonisa pada sistem kelistrikan ditentukan dalam suatu bilangan yang dikenal dengan orde harmonisa. Gelombang dengan frekuensi dasar disebut harmonisa dengan orde 1, harmonisa dengan frekuensi 2 kali frekuensi dasar disebut harmonisa ke-2, harmonisa dengan frekuensi 3 kali frekuensi dasar disebut harmonisa ke-3 dan seterusnya. Amplitudo dari masing-masing harmonisa tersebut tergantung pada ordenya di mana amplitudo berbanding terbalik dengan orde harmonisa. Misalkan arus terdistorsi yang mengalir dalam suatu kawat listrik mengandung komponen harmonisa dengan orde 2, 3, 4, 5, 7 dan n di mana persamaan arus dasarnya adalah $I = 10 \sin t$, maka persamaan arus harmonisa untuk masing-masing orde adalah :

$$\text{Harmonisa ke-2 : } I_2 = \frac{1}{2} \times 10 \sin 2\tilde{S}t \dots (1)$$

$$\text{Harmonisa ke-3 : } I_3 = \frac{1}{3} \times 10 \sin 3\tilde{S}t \dots (2)$$

2.3 Total Harmonic Distortion (THD)

Total Harmonic Distortion (THD) merupakan indeks yang menyatakan besarnya kandungan arus atau tegangan harmonisa, yang didefinisikan pada persamaan berikut :

Secara sistematis, THD arus dan tegangan dapat dituliskan dalam bentuk persamaan berikut ini:

$$THD_I = \frac{I_{hrms}}{I_{1rms}} \times 100\% ; THD_V = \frac{V_{hrms}}{V_{1rms}} \times 100\% \dots (3)$$

Di mana :

$$I_{hrms} = \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_{hrms}^2} ; V_{hrms} = \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_{hrms}^2} \dots (4)$$

Di mana :

THD_V = *Total Harmonic Distortion* pada tegangan

THD_I = *Total Harmonic Distortion* pada arus

V_h	=	tegangan harmonisa
I_h	=	arus harmonisa
V_l	=	tegangan nominal
I_l	=	arus nominal

Ada dua kriteria yang digunakan dalam analisa distorsi harmonisa. Pertama limitasi untuk distorsi arus, yang kedua adalah limitasi untuk distorsi tegangan. Standar yang dipakai adalah dari *IEEE-519-1992*.

2.4 Penyebab Terjadinya Harmonisa

Harmonisa pada sistem tenaga listrik disebabkan antara lain karena pemakaian beban yang bersifat nonlinear yang berbasis elektronika. Peralatan elektronika tersebut banyak menggunakan komponen semi konduktor, yang dalam proses kerjanya menghasilkan arus dan tegangan nonsinusoidal. Peralatan ini dirancang untuk menggunakan arus listrik secara hemat dan efisien karena arus listrik hanya dapat melalui komponen semi konduktornya selama periode pengaturan yang telah ditentukan. Disisi lain hal ini juga akan menyebabkan gangguan gelombang arus dan tegangan yang mempengaruhi kinerja peralatan listrik lainnya.

Peralatan elektronika yang dapat menimbulkan harmonisa antara lain :

- *Power supply* komputer, *PC*, *laptop*
- *mainframe*, *server*
- *Monitor*, *video display*
- *Copiers*, *scanner*, *mesin facsimile*
- *printer*, *plotter*
- Kontrol penerangan, *dimmer*
- *Electronic ballast*
- *UPS*, *battery charger*
- Transformator
- dan peralatan elektronik lainnya.

2.5 Dampak Harmonisa pada Komponen Distribusi

Efek harmonisa yang timbul pada sistem tenaga listrik tergantung pada sumber harmonisa, letak sumber harmonisa dan karakteristik jaringan listrik. Pengaruh harmonisa pada peralatan-peralatan sistem tenaga secara umum adalah dapat menyebabkan peralatan menjadi lebih panas, isolasi menjadi panas, *life-time* peralatan menjadi berkurang dan yang terburuk kondisi peralatan yang ada mengalami kerusakan.

Harmonisa mengakibatkan pengaruh buruk pada faktor daya. Hubungan antara faktor daya dengan THD adalah sebagai berikut :

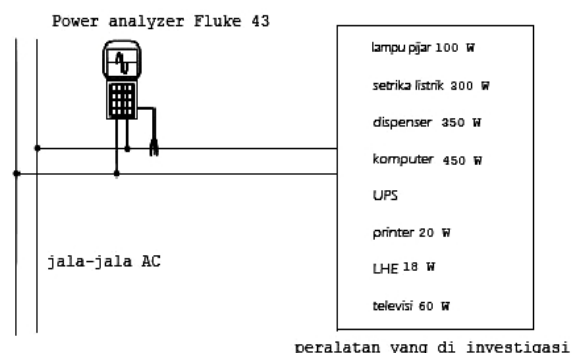
$$pf = \frac{\cos \phi}{\sqrt{1 + THD^2}} \dots (5)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

Kualitas daya listrik merupakan standar untuk melihat baik atau tidaknya suatu daya listrik. Banyak parameter-parameter yang menentukan apakah kualitas daya listrik itu baik ataupun tidak. Parameter-parameter itu seperti variasi tegangan, *flicker*, frekuensi, harmonik, *unbalance*, kedip, drop tegangan, *sag and swell* dll.

Pada penelitian ini penulis hanya melakukan penelitian kualitas daya dilihat dari parameter distorsi harmonik arus saja. Sebelum mengetahui kualitas daya saluran distribusi listrik sekunder (perumahan), terlebih dahulu dilakukan pengukuran-pengukuran terhadap beban yang biasa dipakai pada perumahan. Beban-beban tersebut terdiri atas beban linear dan beban nonlinear. Salah satu penyebab timbulnya harmonisa pada sistem tenaga listrik yaitu peralatan yang berbasis elektronika (nonlinear).

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui besarnya *Total Harmonik Distortion* (THD), konsumsi daya aktif dan daya reaktif pada masing-masing beban yang dipakai pada perumahan. Skema rangkaian pengukurannya diperlihatkan pada Gambar 1.



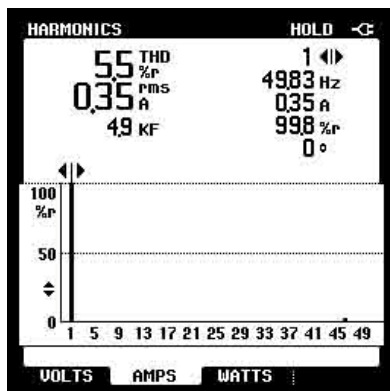
Gambar 1. Skema rangkaian pengukuran distorsi harmonik sistem distribusi sekunder

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

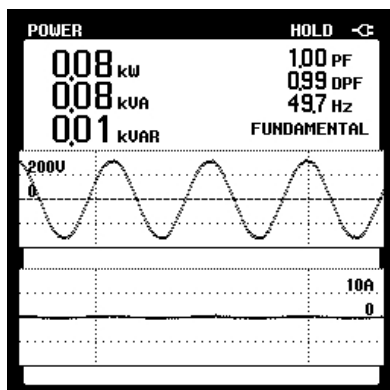
Investigasi yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari 5 bagian. Pertama, pengukuran individu untuk beban linear. Kedua, pengukuran untuk gabungan beban linear. Ketiga, pengukuran individu untuk beban nonlinear. Keempat, pengukuran untuk gabungan beban nonlinear. Kelima, pengukuran untuk beban total (gabungan beban linear + gabungan beban nonlinear). Investigasi terhadap beban perumahan dilakukan dengan cara mengukur karakteristik distorsi harmonisanya menggunakan alat ukur *fluke 43*.

4.1 Model Beban Linear

Berdasarkan hasil pengukuran dengan menggunakan alat ukur *fluke 43* pada salah satu jenis lampu pijar 100 W, didapatkan data daya dan THD serta spektrum harmonisa untuk lampu pijar sebagai berikut:



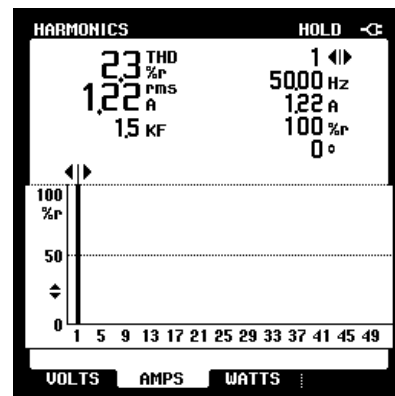
a. spektrum harmonik arus



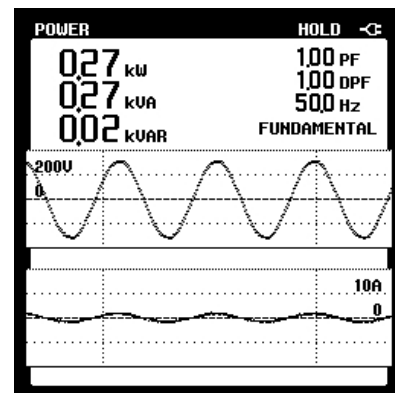
b. gelombang tegangan dan arus

Gambar 2. Tampilan grafik hasil pengukuran beban lampu pijar 100 W, 220 V

Hasil pengukuran distorsi harmonik oleh beban berupa lampu pijar ditunjukkan pada Gambar 2. THD yang ditimbulkan oleh beban ini yaitu 5,5 %. Nilai distorsi total ini sesuai dengan batasan yang ditetapkan oleh IEEE - 519-1992. Hal tersebut konsisten dengan sifat harmonik beban linear yang pada prinsipnya tidak menghasilkan harmonisa atau THD mendekati nol. Spektrum harmonisa pada lampu pijar ini juga hanya mengandung sedikit sekali individu harmonisa. Pada kasus ini terlihat individu harmonisa ke-46 dengan nilai yang cukup kecil. Bentuk gelombang arus pada prinsipnya tidak terdistorsi (Gambar 2b).



a. spektrum harmonik arus

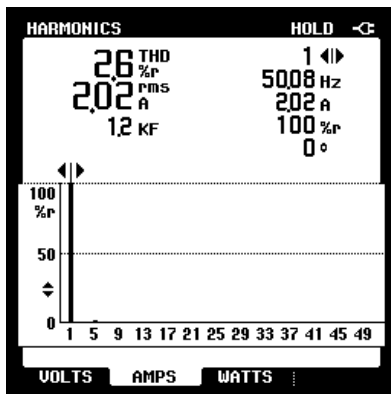


b. gelombang tegangan dan arus

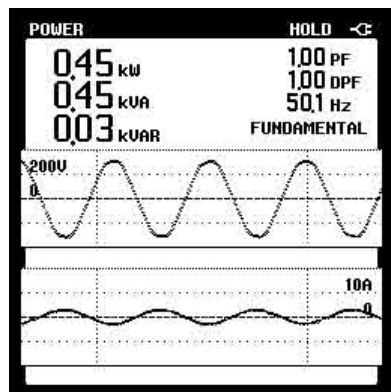
Gambar 3. Tampilan grafik hasil pengukuran beban setrika listrik 300 W/220 V

Pada Gambar 3 dan 4 diperlihatkan hasil pengukuran pada setrika listrik 300 W dan dispenser 350 W. Identik dengan lampu pijar, kedua beban ini pada prinsipnya menghasilkan distorsi arus yang relatif kecil. Sistem strika menghasilkan THD sekitar 2,3% sementara dispenser dengan nilai yang hampir sama, 2,6%. Gambar spektrum harmonisanya juga menunjukkan bahwa pada prinsipnya hanya

mengandung sedikit sekali individu harmonisa. Serupa beban lampu pijar, jumlah dan rms individu yang kecil menyebabkan nilai THD juga kecil sesuai persamaan 3.



a. spektrum harmonik arus

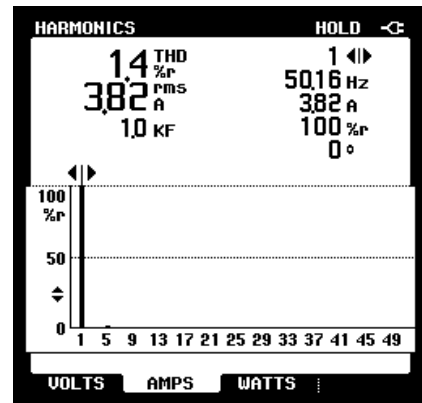


b. gelombang tegangan dan arus

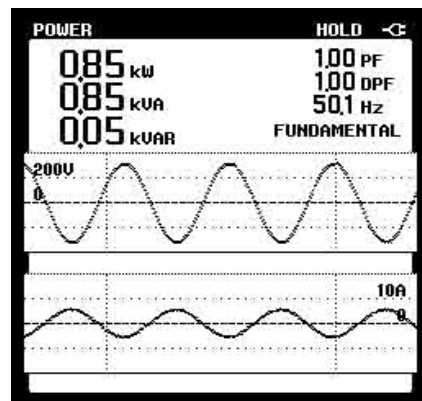
Gambar 4. Tampilan grafik hasil pengukuran beban dispenser 350 W/220 V

4.2 Pengukuran untuk Gabungan Beban Linear

Hasil pengukuran dengan menggunakan alat ukur *fluke 43* pada gabungan beban linear (lampu pijar 100 W, setrika listrik 300 W dan dispenser 350 W) didapatkan data daya dan THD serta spektrum harmonisa pada sisi input gabungan beban linear sebagai terlihat pada Gambar 5. Spektrum harmonisanya pada prinsipnya tidak mengandung individu harmonisa kecuali harmonik ke-5 dengan nilai yang cukup kecil. Sebagai konsekuensinya, nilai THD sistem distribusinya cukup kecil yakni hanya pada kisaran satu persen. Demikian pula hal ini bisa tergambar pada grafik bentuk gelombang arus pada prinsipnya sinusoidal.



a. spektrum harmonik arus



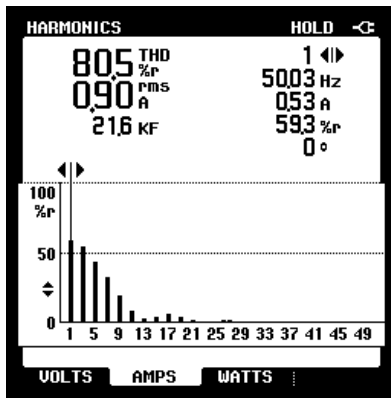
b. gelombang tegangan dan arus

Gambar 5. Tampilan grafik hasil pengukuran gabungan beban linear

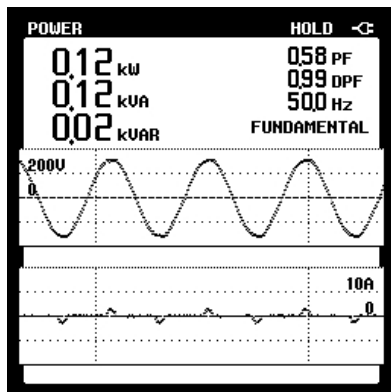
4.3 Pengukuran untuk Beban Nonlinear

4.3.1 Komputer 450 W

Berdasarkan hasil pengukuran dengan menggunakan alat ukur *fluke 43* pada salah satu jenis komputer 450 W, didapatkan data daya dan THD serta spektrum harmonisa pada sisi input komputer seperti terlihat pada Gambar 6. Terlihat pada Gambar 6a, spektrum harmonik arus betul-betul terpenuhi oleh harmonik ganjil mulai dari orde 3 hingga orde ke-2. Juga terlihat bahwa individu harmonik ke-3, -5, -7 dan -9 cukup mendekati nilai fundamentalnya sehingga ia boleh dikatakan mendominasi spektrum. Oleh karenanya maka tidak mengherankan bila tingkat distorsi total pada saluran dengan beban semacam ini mencapai THD sekitar 80% seperti terlihat pada Gambar 6a. Inipun terlihat pada pada Gambar 6b, bahwa bentuk gelombang arus betul-betul terdistorsi.



a. spektrum harmonik arus

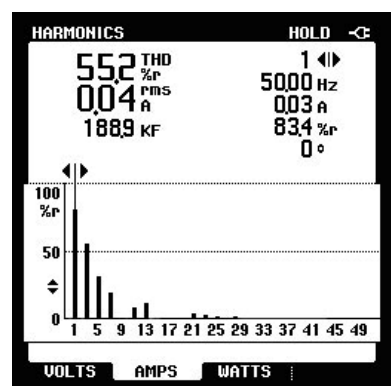


b. gelombang tegangan dan arus

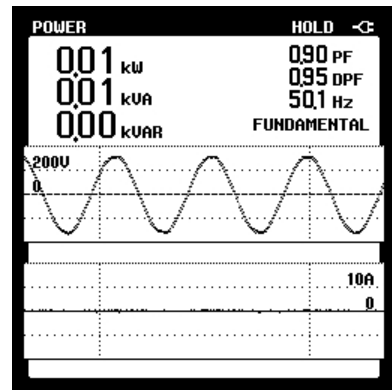
Gambar 6. Tampilan grafik hasil pengukuran harmonisa komputer

Nilai THD arus yang ditimbulkan pada sisi input komputer tersebut adalah 80,5 % seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6a telah jauh melampaui standar IEEE yakni 20 %. Ini berarti sistem distribusi telah mengalami distorsi arus harmonisa yang cukup parah.

4.3.2 UPS 650 VA



a. spektrum harmonik arus



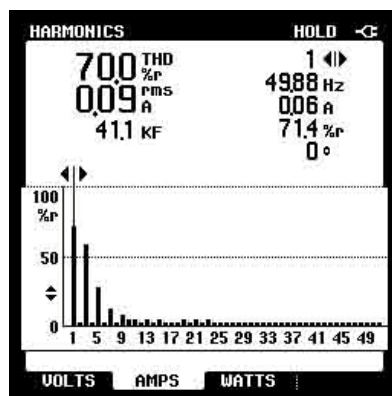
b. gelombang tegangan dan arus

Gambar 7. Tampilan grafik hasil pengukuran harmonisa UPS 650 VA

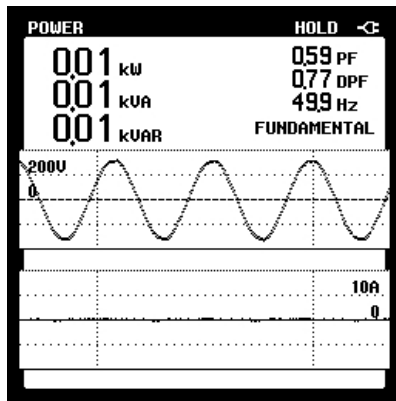
Gambar 7 memperlihatkan hasil pengukuran untuk bahwa nilai THD yang ditimbulkan untuk beban UPS tersebut mencapai 55,2 %. Nilai THD yang diperoleh ini juga tidak sesuai dengan standar IEEE. Tampilan bentuk gelombang arus juga mengalami distorsi yang cukup signifikan. Pada spektrum harmonisa arus ini dapat dilihat didominasi oleh munculnya individu harmonisa orde 3, 5, dan 7 dengan nilai arus cukup ini mendekati nilai arus dasarnya.

4.3.3 Lampu Hemat Energi 18 W

Hasil pengujian untuk beban LHE yang diperlihatkan Gambar 8 menunjukkan cukup besar hingga mencapai 70 %. Nilai THD yang diperoleh ini melebihi standar IEEE. Tampilan bentuk gelombang arus dan spektrum harmonisa beban nonlinear berupa LHE ini mengalami distorsi harmonisa. Pada spektrum harmonisa arus ini dapat dilihat didominasi oleh munculnya harmonisa orde 3, 5, 7 dan orde 9 dan harmonisa arus yang muncul ini mendekati nilai arus dasarnya.



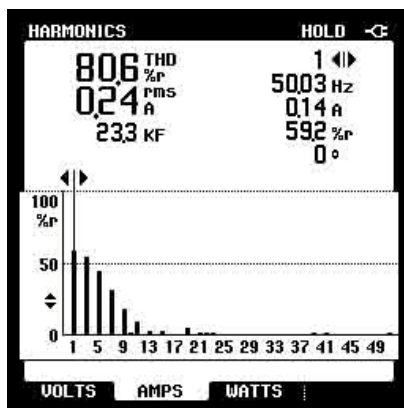
a. spektrum harmonik arus



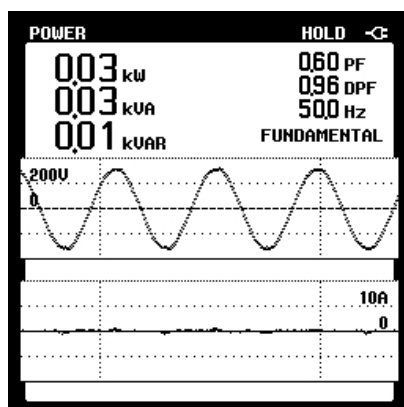
b. gelombang tegangan dan arus

Gambar 8. Tampilan grafik hasil pengukuran harmonisa arus beban LHE 18W

4.3.4 TV 60 W



a. spektrum harmonik arus



b. gelombang tegangan dan arus

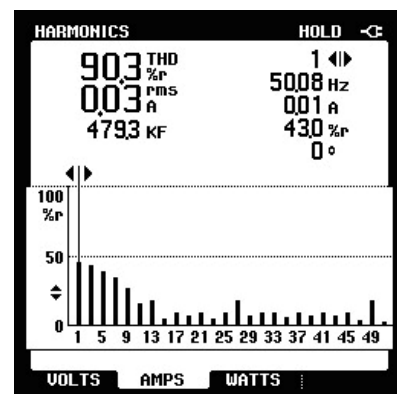
Gambar 9. Tampilan grafik hasil pengukuran harmonisa arus beban TV 60W

Gambar 9 memperlihatkan bahwa THD yang ditimbulkan pada sisi input TV tersebut juga cukup signifikan hingga mencapai 80,6 %. Bentuk gelombang arus secara jelas

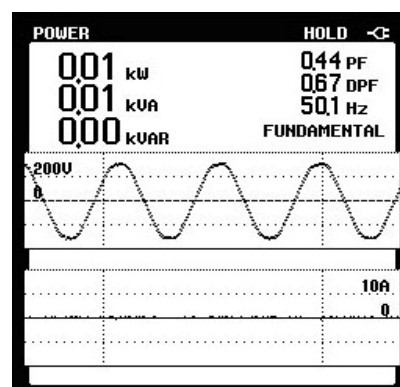
menunjukkan besarnya tingkat distorsi. Demikian pula spektrum harmonisa beban nonlinear berupa TV ini mengandung sejumlah individu dengan nilai yang cukup mendekati nilai fundamentalnya. Pada spektrum harmonisa arus ini dapat dilihat muncul harmonisa orde ke-3, -5, -7 hingga ke-23.

4.3.5 Printer 20 W

Hasil pengukuran yang diperlihatkan pada Gambar 10. Nilai THD yang diperoleh sangat besar, yaitu : 90,3 %. Tampilan bentuk gelombang arus dan spektrum harmonisa beban nonlinear berupa printer ini mengalami distorsi harmonisa. Pada spektrum harmonisa arus ini dapat dilihat didominasi oleh munculnya harmonisa ganjil orde 3, 5, 7, hingga orde ke-51. Sejauh ini, spektrum harmonisa arus dari printer merupakan yang paling beragam. Hal itu bisa menjelaskan dengan sangat nyata, mengapa tingkat distorsi total beban ini bisa sampai ke nilai yang sangat signifikan sampai ke kisaran 90-an persen.



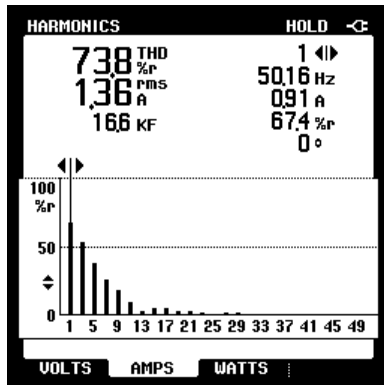
a. spektrum harmonik arus



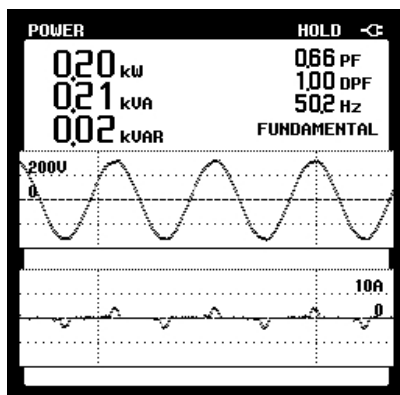
b. gelombang tegangan dan arus

Gambar 10. Tampilan grafik hasil pengukuran harmonisa arus beban printer 20 W

4.4 Pengukuran untuk Gabungan Beban Nonlinear



a. spektrum harmonik arus



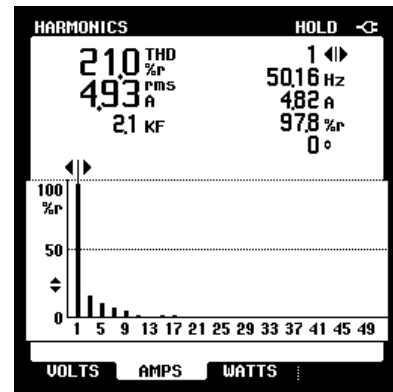
b. gelombang tegangan dan arus

Gambar 11. Tampilan grafik hasil pengukuran harmonisa arus gabungan beban nonlinear

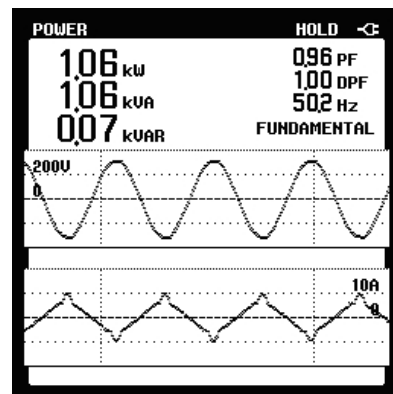
Pengukuran untuk sistem dengan campuran beban nonlinear menghasilkan THD sekitar 75 % yang didominasi oleh komponen arus harmonisa orde ke-3, -5, -7 dan -9 yang dapat dilihat pada Gambar 11a. Spektrum harmonisa mengandung individu harmonisa ganjil hingga orde ke-29. Juga terlihat bahwa bentuk sinyal arus betul-betul tersistorsi secara signifikan (Gambar 11b).

4.5 Pengukuran THD Beban Campuran (Beban Linear + Beban Nonlinear)

Hasil pengukuran dengan menggunakan alat ukur *fluke 43* pada beban total (gabungan beban linear + gabungan beban nonlinear) didapatkan data daya dan THD serta spektrum harmonisa pada sisi input beban total seperti terlihat pada Gambar 12.



a. spektrum harmonik arus



b. gelombang tegangan dan arus

Gambar 12. Tampilan grafik hasil pengukuran harmonisa arus beban campuran

Gambar 4.11 dapat dilihat daya aktif yang terukur pada alat ukur *fluke 43* sebesar 1060 W dengan PF sebesar 0,96 PF dan DPF sebesar 1,00 DPF. Bentuk gelombang arus dan spektrum harmonisa berupa beban total (gabungan beban linear + gabungan beban nonlinear) ini mengalami distorsi harmonisa, hal ini dapat dilihat nilai THD arus sebesar 21,0 %. Menurut Standar harmonisa IEEE, maksimum kandungan harmonisa di jala-jala sistem adalah 20% (Masri,2004). Dari contoh studi kasus perumahan moderen sebagai mana yang disimulasikan ini, menunjukkan bahwa tingkat distorsi THD arus di jala-jala sistem yang berbeban campuran cenderung melebihi standar walaupun dengan nilai masih di kisaran batasan maksimum 20%.

5. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi dan analisa yang dilakukan dalam Penelitian ini, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut :

1. Sistem distribusi sekunder yang hanya menyuplai beban-beban linier saja, memiliki distorsi harmonik yang sangat memenuhi standar IEEE (20%) di mana nilai THD-nya berkisar pada rentang 2,3-5,5%.
2. Sistem distribusi sekunder yang menyuplai beban nonlinier saja, memiliki distorsi harmonik yang sangat signifikan, hingga sekitar tiga kali lipat atau lebih di atas standar IEEE yakni berkisar pada rentang 55,2-90,3%.
3. Sistem distribusi sekunder yang menyuplai beban perumahan –biasanya berbeban campuran linear dan nonlinear-pada konfigurasi beban yang disimulasikan, memiliki distorsi harmonik yang cenderung riskan melebihi batas standar IEEE, walaupun dengan kelebihan yang tipis.
4. Simulasi ini juga menunjukkan bahwa nilai distorsi terbesar dihasilkan oleh beban nonlinear berupa printer 20 W. Ia melebihi beban-beban nonlinear yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dutria, W. Muharam, M. 2002. *Studi Identifikasi Distorsi Harmonisa Pada Sistem Distribusi Menggunakan Metode Taguchi*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Universitas Andalas : Padang.
- [2] IEEE. *Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*, IEEE Standard 519-1992.
- [3] Masri, S. 2004. *Analisis Kualitas Daya Sistem Distribusi Tenaga Listrik Perumahan Modern*, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjung Pura Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik Universiti Sains Malaysia. volume 3 No. 2.
- [4] Martin, WU Kwok-tin. 2003. *Standards of Power Quality with reference to the Code of Practice for Energy Efficiency of Electrical Installations*. Energy Efficiency Office, Electrical & Mechanical Services Department.
- [5] Nugroho, A. 2004. *Harmonisa Arus Mesin Induksi*. Teknik Elektro, Transmisi vol.8 no.2, Universitas Diponegoro.
- [6] R. Didiet Sudiro. 2005. *Energy Management Sistem Memberdayakan Listrik Negara dalam Rangka Ketahanan Nasional Bidang Energi*, Buletin Litbang Pertahanan Indonesia, STT No.2289, Vol.VII No.15.
- [7] Skvarenina, Timothy. 2002. *The Power Handbook Industrial electronics Series*. Purdue University : West Lafayette. Indiana.
- [8] Sutanto, Jusmin. Buhron, Hernadi. *Implikasi Harmonisa dalam Sistem Tenaga Listrik dan Alternatif Solusinya*. Dept. Teknik Energi Politeknik Negeri Bandung dan Dept. Teknik Elektro Universitas Siliwangi Tasikmalaya.
- [9] Telkom Indonesia. *Pengaruh Harmonisa Pada Energy Quality Untuk Catuan Perangkat infokom*.2006.
[Http://www.ristinet.com/index.php?ch=8&lang=ind&s=415cd40f4ebc29d1187d19a08ea8f13d&n=354](http://www.ristinet.com/index.php?ch=8&lang=ind&s=415cd40f4ebc29d1187d19a08ea8f13d&n=354)
- [10] Yana, S. Nazir, R. 2006. *Perancangan dan Analisa Filter Pasif Jenis LC Untuk Mereduksi Harmonisa Pada Sisi Input UPS*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Universitas Andalas : Padang

Biodata Penulis

Andi Faharuddin, menamatkan S1 di Jurusan Teknik Elektro di Universitas Hasanuddin pada tahun 1996. Pendidikan S2 Teknik Elektro diselesaikan di Universitas Gajah Mada (UGM) pada tahun 2002. Saat ini penulis terdaftar sebagai dosen Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makasar. Minat penelitian di bidang power system analysis dan power quality.