

ANALISIS HARMONISA AKIBAT PENGGUNAAN LAMPU LED

HARMONICS ANALYSIS ON THE USE OF LED LAMP

Yoga Istiono¹, Julius Sentosa², Emmy Hosea³

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra
Jalan Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia
¹yogaistiono26@gmail.com, ²julius@petra.ac.id, ³emmyho@petra.ac.id

Abstrak

Masalah harmonisa dalam sistem tenaga listrik semakin kompleks dengan bertambahnya penggunaan peralatan non linier (misal: lampu LED), dimana peralatan ini menghasilkan harmonisa pada gelombang tegangan dan arus. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran harmonisa dengan menggunakan alat ukur *Power Analyzer* Fluke 41B. Pengukuran diambil dari beberapa macam merk LED dengan daya listrik yang berbeda-beda. Pengujian dan pengukuran juga dilakukan dengan menggunakan alat peraga instalasi rumah tinggal. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa harmonisa yang ditimbulkan oleh lampu LED tidak sesuai dengan standar harmonisa yang berlaku, yakni I_{THD} melebihi 20%. Dengan menambahkan *filter* pasif, harmonisa yang ditimbulkan oleh lampu LED dapat diredam dan meningkatkan nilai *power factor*.

Kata Kunci: lampu LED, harmonisa, *filter* pasif

Abstract

Harmonics Problems in the power system are becoming more complex with the increasing use of non-linear devices, such as LED lights, in which the equipment produces harmonics in voltage and current waves. In this study, harmonic is measured using Fluke 41B Power Analyzer. Measurements were taken on different kinds of LED brands with different electric power. Tests and measurements were also performed using residential installation props. The results show that the harmonics generated by LED lamp does not comply with the applicable harmonics standards, i.e. with I_{THD} exceeding by 20%. By adding a passive filter, the harmonics generated by the LED light can be suppressed, which in turn will improve the power factor value.

Keywords: LED lights, harmonics, passive filter

Tanggal Terima Naskah : 22 Januari 2016

Tanggal Persetujuan Naskah : 19 Mei 2016

1. PENDAHULUAN

Masalah harmonisa dalam sistem tenaga listrik saat ini semakin meningkat dengan bertambahnya penggunaan peralatan non linier, dimana peralatan ini menghasilkan harmonisa pada gelombang tegangan dan arus. Peralatan yang mempunyai karakteristik non linier, antara lain *Thyristor*, dioda silikon, *Uninterruptible Power*

Supplies (UPS), Lampu TL (*Tube Luminescent*) dengan *ballast electric*, Lampu LED (*Light Emitting Diodes*).

Harmonisa mengganggu *supply* listrik yang mengakibatkan sinyal gelombang sinusoidal murni menjadi bentuk sinyal gelombang sinusoidal tidak murni atau tidak sempurna. Gelombang ini mengakibatkan kerugian, antara lain mesin-mesin listrik menjadi panas, *losses* pada kabel, dan menyebabkan kerusakan pada sistem tenaga listrik.

Menurut IEEE Std. 519 1992 batas tegangan THD yang diizinkan adalah kurang dari 3 % dan untuk arus THD yang diizinkan adalah kurang dari 20 %.

2. KONSEP DASAR

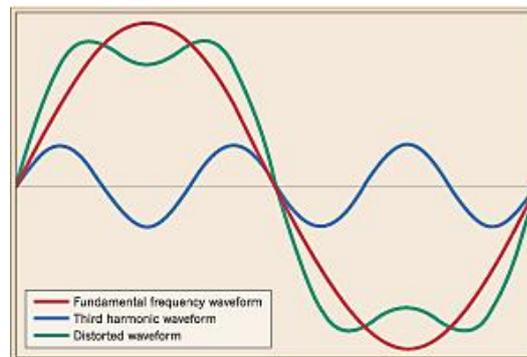
Berikut ini merupakan konsep-konsep yang berhubungan dengan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini.

a. Lampu LED

Lampu LED merupakan rangkaian semikonduktor yang memancarkan cahaya ketika dialiri listrik. Sifatnya berbeda dengan filamen yang harus dipijarkan (dibakar) atau lampu TL yang merupakan pijaran partikel. Lampu LED memancarkan cahaya melalui aliran listrik yang relatif tidak menghasilkan banyak panas. Karena itu lampu LED terasa dingin saat dipakai karena tidak menambah panas ruangan seperti lampu pijar. Lampu LED juga memiliki warna sinar yang beragam, yaitu putih, kuning, dan warna-warna lainnya.

b. Harmonisa

Bentuk gelombang tegangan dan gelombang arus dalam sistem tenaga listrik AC (listrik bolak – balik) yang ideal digambarkan sebagai gelombang sinusoidal murni. Harmonisa adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang tegangan dan arus. Pada dasarnya harmonisa adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi yang berbeda dan disebut sebagai frekuensi hamonik. Frekuensi sistem tenaga listrik di Indonesia adalah 50 Hz.



Gambar 1. Bentuk gelombang [1]

Dalam sistem tenaga listrik, harmonisa dapat diartikan sebagai sebuah komponen sinusoidal dari gelombang periodik yang memiliki frekuensi kelipatan dari frekuensi dasar. Frekuensi dasar sering disebut dengan f_0 , dan kelipatan dari frekuensi ke- h adalah $h f_0$. Harmonisa sering digunakan untuk menggambarkan distorsi jumlah gelombang sinus dangan tegangan dan arus dari amplitudo dan frekuensi yang berbeda [2].

c. Total Harmonic Distortion (THD)

THD adalah rasio nilai rms dari komponen harmonisa ke nilai rms dari komponen dasar dan dinyatakan dalam persen. THD digunakan untuk mengukur deviasi dari bentuk gelombang periodik yang mengandung harmonisa dari gelombang sinus

sempurna. Gelombang sinus sempurna memiliki nilai THD 0 %. Berikut adalah rumus THD untuk tegangan dan arus [3].

$$V_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \dots\dots\dots (1)$$

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

d. *Filter Harmonisa*

Filter harmonisa adalah peralatan listrik yang digunakan untuk mengurangi amplitudo frekuensi tertentu dari sebuah tegangan atau arus. Penambahan *filter* harmonisa pada sistem tenaga listrik yang memiliki sumber-sumber harmonisa akan mengurangi penyebaran harmonisa dalam sistem tenaga listrik. *Filter* harmonisa juga dapat mengkompensasi daya reaktif dan digunakan untuk memperbaiki faktor daya dalam sistem tenaga listrik [4]. *Filter* harmonisa dipasang secara paralel dengan peralatan yang merupakan beban non linier dan sumber harmonisa. Komponen yang terdapat di *filter* pasif adalah kapasitor, induktor, dan resistor. Secara umum *filter* pasif harmonik dapat dibedakan menjadi tiga jenis:

1. *Single tuned filter*
2. *Double tuned filter*
3. *High pass filter*

Daya reaktif kompensasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [5]:

$$Q_c = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

- Qc : Daya reaktif (VAR)
- P : Daya Nyata (W)
- Tan ϕ_1 : Sudut daya mula-mula
- Tan ϕ_2 : Sudut daya kompensasi

Selanjutnya dapat dihitung nilai komponen R, L, dan C yang digunakan sebagai *filter*. Kapasitansi dihitung dengan persamaan sebagai berikut [5]:

$$C = \frac{Q_c}{2\pi f V^2} \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

- f : frekuensi fundamental (50 Hz)
- V : tegangan kerja

Nilai induktansi dihitung dengan persamaan sebagai berikut [5]:

$$L = \frac{1}{(2\pi f)^2 x C} \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

- f : frekuensi yang ingin direduksi

Untuk nilai resistansi dihitung dengan persamaan sebagai berikut [5]:

$$R = \frac{2}{2\pi f x C} \dots\dots\dots (6)$$

dimana:

- f : frekuensi yang ingin direduksi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini merupakan hasil pengukuran lampu LED.

Tabel 1. Hasil pengukuran lampu LED

Jenis Lampu		Hasil Pengukuran							Standard THD (%)	
		Daya (W)	V RMS	I RMS	PF	DPF	THD RMS %		V THD	I THD
							V	I		
LED 3W	X	2.00	220.1	0.06	0.17	0.21	1.55	45.42	5	20
	Y	3.00	220.8	0.04	0.47	1.00	1.89	85.09	5	20
LED 7W	X	5.00	220.8	0.04	0.53	0.67	1.80	57.65	5	20
	Y	6.00	220.3	0.06	0.48	1.00	1.81	84.55	5	20
LED 9W	X	7.00	219.3	0.07	0.50	0.97	1.87	83.06	5	20
	Y	8.00	219.8	0.08	0.47	0.98	1.92	86.04	5	20
LED 14W	X	13.00	219.2	0.11	0.54	0.97	1.95	81.31	5	20
	Z	12.28	220.06	0.07	0.80	0.93	1.48	30.18	5	20

Dari Tabel 1 terlihat bahwa lampu LED merk Z lebih bagus karena lampu LED merk Z memiliki lumen yang besar sehingga lampu lebih terang dan konsumsi arusnya relatif kecil. Selain itu, *power factor* yang ditimbulkan oleh lampu LED merk Z paling tinggi dan I_{THD} yang ditimbulkan kecil dibandingkan lampu yang lain.

Tabel 2. Hasil pengukuran lampu LED - CFL

Jenis Lampu			Hasil Pengukuran							Standard THD (%)	
% LED	Jumlah Lampu		Daya (kW)	V RMS	I RMS	PF	DPF	THD RMS %		V THD	I THD
	LHE 14 W	LED 14 W						V	I		
0%	20	0	0.31	234.1	2.02	0.65	0.92	1.46	69.90	5	20
20%	16	4	0.30	233.0	1.91	0.68	0.93	1.48	67.34	5	20
40%	12	8	0.30	232.9	1.84	0.71	0.94	1.55	65.65	5	20
60%	8	12	0.29	232.6	1.84	0.68	0.95	1.44	69.43	5	20
80%	4	16	0.29	232.7	1.92	0.64	0.95	1.44	73.21	5	20
100%	0	20	0.28	232.0	2.06	0.59	0.97	1.40	78.58	5	20

Dari Tabel 2 terlihat bahwa lampu 40% LED lebih bagus karena 40% LED konsumsi arusnya relatif kecil. Selain itu, *power factor* yang ditimbulkan oleh 40% LED paling tinggi dan I_{THD} yang ditimbulkan kecil dibandingkan lampu yang lain.

Perencanaan *filter* pasif menggunakan data lampu LED 100% - CFL 0% (Tabel 2), yaitu untuk meredam harmonisa orde 3 dan 5. Berikut adalah data perhitungan perancangan *filter* pasif:

$\theta_1 : 53,84^\circ$ Lead

PF yang di inginkan : 0.98 Lag \rightarrow $\theta_2 : 11.47^\circ$ Lag

Penentuan Q_c

$$Q_c : P (tg \theta_1 + tg \theta_2)$$

$$Q_c : 280 (tg 53,84 + tg 11,47)$$

$$Q_c : 439,94 VAR$$

Penentuan C

$$C : \frac{Qc}{2\pi f \times V^2}$$

$$C : \frac{439,94}{2\pi \times 50 \times 232,2^2}$$

$$C : 25,9 \mu F$$

Penentuan L orde 3

$$L : \frac{1}{(2\pi f)^2 \times C}$$

$$L : \frac{1}{(2\pi \times 150)^2 \times (2,59 \times 10^{-5})}$$

$$L : 0,04 H$$

Penentuan R orde 3

$$R : \frac{2}{2\pi f \times C}$$

$$R : \frac{2}{2\pi \times 150 \times (2,59 \times 10^{-5})}$$

$$R : 81,93 \text{ ohm}$$

Penentuan L orde 5

$$L : \frac{1}{(2\pi f)^2 \times C}$$

$$L : \frac{1}{(2\pi \times 250)^2 \times (2,59 \times 10^{-5})}$$

$$L : 0,01 H$$

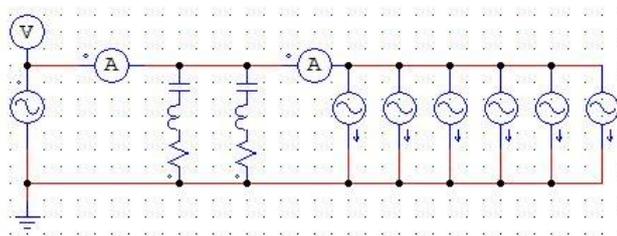
Penentuan R orde 5

$$R : \frac{2}{2\pi f \times C}$$

$$R : \frac{2}{2\pi \times 250 \times (2,59 \times 10^{-5})}$$

$$R : 49,15 \text{ ohm}$$

Hasil pengujian *filter* pasif di PSIM menunjukkan:



Gambar 2. Rangkaian pengujian *filter* pasif di PSIM

Tabel 3. Hasil pengujian *filter* pasif di PSIM

No	Cos Phi Awal	Cos Phi Target	Qc (Var)	I THD Fund (%)	V THD (%)
Kondisi sebelum di <i>filter</i>					
1	0.59 <i>Lead</i>	x	x	125	1.4
Kondisi setelah di <i>filter</i>					
2	0.59 <i>Lead</i>	0.98 <i>Lag</i>	439.94	24	1.4

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian *filter* pasif *single tuned* di PSIM. Pada tabel 3 no 1 menunjukkan hasil pengujian beban sebelum dipasang *filter* pasif dengan *power factor* adalah 0,59 *lead*. Tabel 3 no 2 adalah hasil pengujian *filter* pasif bila beban memiliki *power factor* 0,59 *lead* dengan target *power factor* 0,98 *lag*, terlihat bahwa setelah terpasang *filter* pasif nilai I_{THD} fundamentalnya turun dari 127 % menjadi 34 %. Nilai I_{THD} dan *power factor* setelah di-*filter* masih belum bisa memenuhi standar, yaitu untuk I_{THD} sebesar 20 % dan *power factor* sebesar 0,85.

Tabel 4. Hasil pengujian *filter* pasif dengan mengganti nilai kapasitor

No	Orde	Nilai Filter Pasif Awal			Nilai Filter Pasif Akhir			Cos Phi Awal	Cos Phi Akhir	I THD Fund Awal (%)	I THD Fund Akhir (%)
		C	L	R	C	L	R				
1A	3	25.9 uF	0.04	81.93	51.8 uF	0.04	81.93	0.62	0.77	34	29
	5	25.9 uF	0.01	49.15	51.8 uF	0.01	49.15				
1B	3	25.9 uF	0.04	81.93	129.5 uF	0.04	81.93	0.62	0.93	34	25
	5	25.9 uF	0.01	49.15	129.5 uF	0.01	49.15				
1C	3	25.9 uF	0.04	81.93	259 uF	0.04	81.93	0.62	0.97	34	20

Pada Tabel 4 no 1A *power factor* yang semula 0,62 setelah dilakukan penggantian nilai kapasitor dengan pengali 2, *power factor* menjadi 0,77 dan I_{THD} fundamental menjadi 29%. Tabel 4 no 1B *power factor* yang semula 0,62 setelah dilakukan penggantian nilai kapasitor dengan pengali 5, *power factor* menjadi 0,93 dan I_{THD} fundamental menjadi 25%. Tabel 4 no 1C *power factor* yang semula 0,62 setelah dilakukan penggantian nilai kapasitor dengan pengali 10, *power factor* menjadi 0,97 dan I_{THD} fundamental menjadi 20%. Nilai *power factor* dan I_{THD} yang terbaik adalah nilai pada tabel 4 no 1C dan sudah sesuai dengan standar, yaitu diatas 0,85 (*power factor*) dan 20% (I_{THD}).

Dari tabel 4 terlihat bahwa dengan mengalikan 10 nilai kapasitor maka telah mencapai I_{THD} dan *power factor* sesuai dengan standar.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Secara umum, nilai V_{THD} pada semua jenis lampu LED dan CFL yang diukur masih baik, yaitu $\pm 2\%$ dan memenuhi nilai maksimum yang diizinkan menurut IEEE-519 (5%).

- b. Semua lampu LED-CFL memiliki nilai I_{THD} lebih besar dari standar yang ditentukan, yakni 20%.
- c. Dari simulasi *filter* pasif dengan menggunakan *software* PSIM terbukti bahwa *filter* pasif dapat meredam harmonisa yang ditimbulkan dari lampu LED ataupun CFL.
- d. Penambahan *filter* pasif dan penggantian nilai kapasitor pada *filter* akan menurunkan nilai I_{THD} dan meningkatkan nilai *power factor*.

REFERENSI

- [1]. Holt, Mike. "Harmonics - What You Should Know." [e-journal] <http://www.mikeholt.com/technical-power-quality-harmonics.php>. (Diakses 5 Juni 2015).
- [2]. "Pengaruh Harmonik pada Transformator Distribusi." Jurnal Elektro Indonesia (1999). [e-journal] <http://www.elektroindonesia.com/elektro/ener25.html>. (Diakses 31 Mei 2015).
- [3]. Hoevenaars, T., LeDoux, K., Colosino, M. (2003). Interpreting IEEE STD 519 and meeting its harmonic limits in VFD applications. Di dalam *IEEE Ind. Appl. Soc. 50th Annu. Pet. Chem. Ind. Conf. 2003. Rec. Conf. Pap.*
- [4]. I. Priyadi, "Studi Penggunaan Rangkaian Filter."
- [5]. Das, J.C. (2015). *Power System Harmonics and Passive Filter Designs*. Hoboken, NJ: IEEE Press.