

Analisa Harmonisa Akibat Penggunaan Lampu LED

Yoga Istiono, Julius Sentosa, Emmy Hosea
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra
Jalan Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia
E-Mail: yogaistiono26@gmail.com ; julius@petra.ac.id ; emmyho@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 harmonisa yang ditimbulkan oleh lampu LED tidak sesuai dengan standart 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.

I. PENDAHULUAN

Masalah harmonisa dalam sistem tenaga listrik sekarang bertambah dengan bertambahnya penggunaan peralatan non linier, dimana peralatan ini menghasilkan harmonisa pada gelombang tegangan dan arus. Peralatan yang mempunyai karakteristik non linier diantara lain adalah *Thyristor*, Dioda silikon, *Uninterruptible Power Supplies (UPS)*, Lampu TL (*Tube Luminescent*) dengan *ballast electric*, Lampu LED (*Light Emitting Diodes*).

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

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

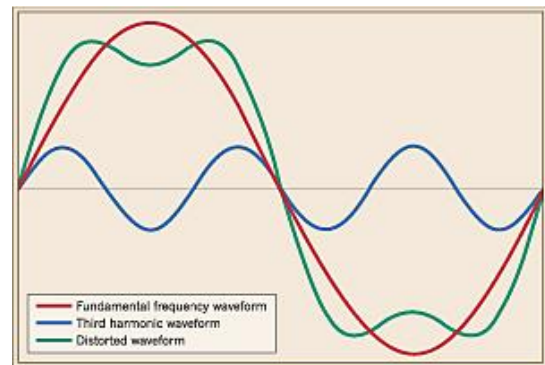
II. LANDASAN TEORI

A. Lampu LED

Lampu LED merupakan sirkuit 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 lewat 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 hf_0 . Harmonisa sering digunakan untuk menggambarkan distorsi jumlah gelombang sinus dangan tegangan dan arus dari amplitude dan frekuensi yang berbeda.[2]

C. THD (*Total Harmonic Distortion*)

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]

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

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

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 3 jenis. Berikut adalah 3 jenis filter pasif harmonik :

- Single tuned filter
- Double tuned filter
- High pass filter

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

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

Dimana :

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

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

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

Dimana :

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

Nilai induktansi dihitung dengan persamaan sebagai berikut :[5]

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

Dimana :

- f adalah frekuensi yang ingin direduksi

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

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

Dimana :

- f adalah Frekuensi yang ingin direduksi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

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 :

PF Lampu CFL – LED 100 % : 0.59 Lead

θ_1 : 53,84° Lead

PF yang diinginkan : 0.98 Lag → θ_2 : 11.47° Lag

Penentuan Qc

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

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

$$Q_c : 439,94 VAR$$

Penentuan C

$$C : \frac{Q_c}{2\pi f x V^2}$$

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

$$C : 25,9 uF$$

Penentuan L orde 3

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

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

$$L : 0,04 H$$

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

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

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

$$L : 0,01 H$$

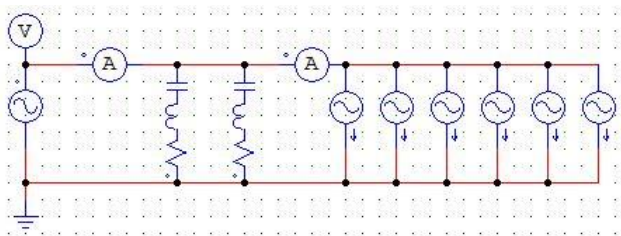
Penentuan R orde 5

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

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

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

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 filter					
1	0.59 Lead	x	x	125	1.4
Kondisi setelah di filter					
2	0.59 Lead	0.98 Lag	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 standart 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 mulanya 0,62 setelah dilakukan penggantian nilai kapasitor dengan mengkali 2, *power factor* menjadi 0,77 dan I THD fundamentalnya menjadi 29%. Tabel 4. no 1B *power factor* yang mulanya 0,62 setelah dilakukan penggantian nilai kapasitor dengan mengkali 5, *power factor* menjadi 0,93 dan I THD fundamentalnya menjadi 25%. Tabel 4. no 1C *power factor* yang mulanya 0,62 setelah dilakukan penggantian nilai kapasitor dengan mengkali 10, *power factor* menjadi 0,97 dan I THD fundamentalnya menjadi 20%. Nilai *power factor* dan I THD yang terbaik adalah nilai pada tabel 4. no 1C dan sudah sesuai dengan standart yaitu diatas 0,85 (*power factor*) dan 20% (I THD).

Dari tabel 4. terlihat bahwa dengan mengkalikan 10 nilai kapasitor maka telah mencapai I THD dan *power factor* sesuai dengan standart.

IV. KESIMPULAN

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

- Secara umum besar nilai V_{THD} pada semua jenis lampu LED dan CFL yang diukur masih baik, yaitu $\pm 2\%$ dan memenuhi nilai maksimum yang diijinkan menurut IEEE-519 (5%).
- Semua lampu LED - CFL memiliki nilai I_{THD} lebih besar dari standart yang ditentukan yakni 20%.
- Dari simulasi filter pasif dengan menggunakan *software* PSIM terbukti bahwa filter pasif dapat meredam harmonisa yang ditimbulkan dari lampu LED ataupun CFL.
- Penambahan filter pasif dan penggantian nilai kapasitor pada filter akan menurunkan nilai I_{THD} dan meningkatkan nilai *power factor*.

REFERENCES

- [1] "Mike Holt Harmonics - What You Should Know." [Online]. Available : <http://www.mikeholt.com/technical-power-quality-harmonics.php>. [Accessed: 05-Jun-2015].

- [2] "ELEKTRO INDONESIA - Pengaruh Harmonik pada Transformator Distribusi." [Online]. Available: <http://www.elektroindonesia.com/elektro/ener25.html>. [Accessed: 31-May-2015].
- [3] T. Hoevenaars, K. LeDoux, and M. Colosino, "Interpreting IEEE STD 519 and meeting its harmonic limits in VFD applications," *IEEE Ind. Appl. Soc. 50th Annu. Pet. Chem. Ind. Conf. 2003. Rec. Conf. Pap.*, 2003.
- [4] I. Priyadi, "STUDI PENGGUNAAN RANGKAIAN FILTER."
- [5] J. C. Das, *Power System Harmonics and Passive Filter Designs*. Hoboken, NJ: IEEE Press, 2015.