

Aplikasi *Low Pass RC Filter* Untuk Mengurangi Harmonisa Pada Lampu Hemat Energi

Wahri Sunanda dan Rika Favoria Gusa

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung (UBB)

Jl. Merdeka No.4 Pangkalpinang, Prov. Kepulauan Bangka Belitung.

e-mail : wahrisunanda@ubb.ac.id

Abstrak—Keberadaan harmonik tegangan dan harmonik arus sebagai akibat dari adanya beban non linier akan memberikan dampak negatif terhadap kualitas daya listrik, dan salah satu dari beban non linier tersebut adalah lampu hemat energi. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kandungan harmonik tegangan, harmonik arus, dan tingkat intensitas cahaya terhadap 4 merek lampu hemat energi dengan daya nyata nominal 8 watt, 16 watt, dan 20 watt dan menggunakan standar IEEE 519-1992 sebagai acuan dalam menetapkan batas tegangan dan arus harmonik maksimum. Hasil pengujian menunjukkan bahwa total harmonik distorsi (THD) tegangan pada berbagai merek lampu hemat energi dengan daya nyata nominal 8 watt, 16 watt, dan 20 watt tidak melebihi dari batas standar IEEE 519-1992 yaitu maksimum 5%. Sedangkan total harmonik distorsi (THD) arus pada berbagai merek lampu hemat energi dengan daya nyata nominal 8 watt, 16 watt, dan 20 watt berada pada rentang nilai melebihi 71,2%. Setelah menggunakan rangkaian elektronik pasif low pass RC filter, didapat bahwa total harmonik distorsi (THD) arus pada berbagai merek lampu hemat energi dengan daya nyata nominal 8 watt, 16 watt, dan 20 watt, hasil pengujian menunjukkan bahwa total harmonik distorsi (THD) arus berada pada rentang nilai di bawah 14,262%.

Kata Kunci. *lampu hemat energi, distorsi harmonik, low pass RC filter.*

Abstract—Voltage and current harmonics produced by nonlinear loads which reduce electrical power quality and energy saving lamp is one of example of it. This research was done by performing studies in harmonic voltage and harmonic current from four different brands of energy saving lamp having power rating of 8 watt, 16 watt, and 20 watt and uses IEEE Standard of 519-1992 as a reference in determining maximum limitation voltage and current harmonics. The result of the tests were showed that total harmonic distortion (THD) voltage at each different brand of energy saving lamp having power rating of 8 watt, 16 watt, and 20 watt did not exceed the IEEE 519-1992 maximum limitation of 5%. While total harmonic distortion (THD) current at each different brand of energy saving lamp having power rating of 8 watt, 16 watt, and 20 watt had exceed result range exceeding 71,2%. After using low pass RC filter as passive electronic circuit, the total harmonic distortion (THD) current was obtained for each different brand of energy saving lamp having power rating of 8 watt, 16 watt, and 20 watt, it was showed that the range of total harmonic distortion (THD) current under 14,262%.

Keywords. *energy saving lamp, harmonic distortion, low pass RC filter.*

I. PENGANTAR

Harmonik dalam sistem tenaga listrik, ditujukan untuk kandungan distorsi pada gelombang tegangan dan arus fundamental^[2] serta beban non linier yang dianggap sebagai sumber harmonik. Menurut standar IEEE 519-1992, beban non linier penyebab harmonik terdiri dari beban elektronika daya, dan diantaranya adalah lampu hemat energi yang pemakaiannya sangat marak akhir-akhir ini.

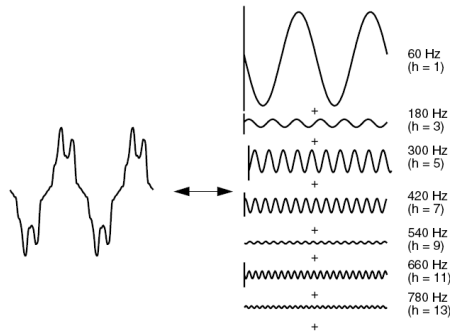
Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian terhadap beberapa lampu hemat energi yang beredar di pasaran yang diduga mempunyai kekurangan dalam spesifikasi teknis yang dikhawatirkan akan memberikan efek negatif bagi masyarakat sebagai konsumen. Selain itu akan digunakan juga rangkaian elektronik *low pass RC filter*, yang berfungsi untuk mendukung hipotesis dalam penelitian ini.

Sehingga nantinya diharapkan diharapkan memberikan manfaat keilmuan mengenai pemakaian lampu hemat energi dari tinjauan teknis dengan data yang *valid* dan akurat baik bagi masyarakat sebagai konsumen maupun pemerintah sebagai penyedia tunggal kebutuhan energi listrik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Studi Harmonik

Harmonik adalah salah satu dari sekian banyak permasalahan yang menyangkut kualitas daya listrik [3]. Keberadaan harmonik ini sangat mengganggu bahkan merugikan sistem apabila melebihi batas standar yang ditetapkan, dalam hal ini standar yang digunakan adalah standar IEEE 519-1992. Pada Gambar 1. akan



Gambar 1. Gelombang terdistorsi direpresentasikan dalam deret Fourier [4].

C. Indeks Harmonik

Dalam analisis harmonik, beberapa indeks penting berikut digunakan untuk melukiskan pengaruh harmonik pada komponen sistem tenaga listrik dan sistem komunikasi.

1) Total Harmonic Distortion (THD)

$$THD \text{ tegangan} : THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \times 100 \% \quad (1)$$

$$THD \text{ tegangan} : THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \times 100 \% \quad (2)$$

yang didefinisikan perbandingan nilai rms komponen harmonik terhadap komponen dasar dalam persen (%). Indeks ini digunakan untuk mengukur penyimpangan (*deviation*) dari bentuk gelombang satu periode yang mengandung harmonik pada satu gelombang sinus sempurna. Untuk satu gelombang sinus sempurna pada frekuensi dasar, THD adalah nol. Demikian pula pengukuran distorsi harmonik individual untuk tegangan dan arus pada orde ke h didefinisikan sebagai V_h/V_1 dan I_h/I_1 .

Pada Tabel 1 dan Tabel 2 ditampilkan standar *IEEE Std 519-1992* untuk batasan I_{THD} dan V_{THD} yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini.

D. Low Pass Filter

Low-pass filter yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari gabungan komponen resistor dan kapasitor.

diperlihatkan sebuah gelombang yang terdistorsi dan direpresentasikan dalam deret seri Fourier.

Filter ini dapat melewati frekuensi di bawah frekuensi *cut-off* dan menahan atau meredam frekuensi di atas frekuensi *cut-off* [5]. Gambar 2 memperlihatkan tipe *filter* pasif jenis *low-pass* yang digunakan pada penelitian.

V_{in} adalah tegangan input yang masuk ke rangkaian dan V_{out} adalah tegangan yang keluar dari rangkaian. Nilai V_{out} dapat dicari dengan persamaan (3.a) sampai (3.d).

$$V_{in}(t) - V_{out}(t) = Ri(t) \quad (3.a)$$

$$i(t) = \frac{dQ_C}{dt} \quad (3.b)$$

$$Q_C(t) = CV_{out}(t) \quad (3.c)$$

$$V_{in}(t) - V_{out}(t) = RC \frac{dV_{out}}{dt} \quad (3.d)$$

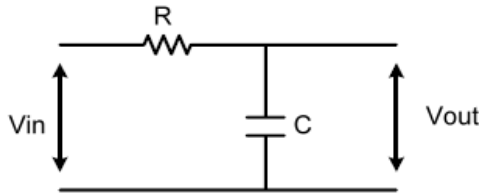
III. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian yang dilakukan adalah:

1. Mengumpulkan alat dan bahan penelitian.
2. Membuat rangkaian penelitian.
3. Mengetahui data teknis lampu hemat energi, yakni: daya nyata (P), daya semu (S), daya reaktif (Q), tegangan (V), arus (I), faktor daya (pf), frekuensi (f).
4. Mengukur THD tegangan, THD arus, pada masing-masing lampu hemat energi sebelum pemasangan *low pass RC filter*.
5. Menghitung THD tegangan dan THD arus pada masing-masing kondisi penelitian sebelum pemasangan *low pass RC filter*.
6. Mendesain *low pass RC filter* untuk mengurangi THD tegangan dan THD arus, setelah hasil pengukurannya dibandingkan dengan standar *IEEE 519-1992*.
7. Mengukur THD tegangan, THD arus, setelah dipasang *low pass RC filter* pada masing-masing kondisi penelitian.
8. Menghitung THD tegangan dan THD arus pada masing-masing kondisi penelitian setelah pemasangan *low pass RC filter*.

TABEL 1
CURRENT DISTORTION LIMITS FOR GENERAL DISTRIBUTION SYSTEMS (120 V THROUGH 69.000V)

| Maximum harmonic Current Distortion in Percent of IL | | | | | | |
|--|------|-------------|-------------|-------------|--------|------|
| Individual harmonic Order (Odd Harmonic) | | | | | | |
| ISC/IL | <11 | 11 ≤ h < 17 | 17 ≤ h < 23 | 23 ≤ h < 25 | 35 ≤ h | TDD |
| <20 | 4.0 | 2.0 | 1.5 | 0.6 | 0.3 | 5.0 |
| 20<50 | 7.0 | 3.5 | 2.5 | 1.0 | 0.5 | 8.0 |
| 50<100 | 10.0 | 4.5 | 4.0 | 1.5 | 0.7 | 12.0 |
| 100<1000 | 12.0 | 5.5 | 5.0 | 2.0 | 1.0 | 15.0 |
| >1000 | 15.0 | 7.0 | 6.0 | 2.5 | 1.4 | 20.0 |



Gambar 2. Rangkaian filter pasif jenis low pass RC filter

TABEL II
VOLTAGE DISTORTION LIMITS

| Bus Voltage at PCC | Individual Voltage Distortion (%) | Total Voltage Distortion (%) |
|--------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| ≤ 69kV | 3.0 | 5.0 |
| 69kV – 161kV | 1.5 | 2.5 |
| ≥ 161 kV | 1.0 | 1.5 |

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengukuran Lampu Hemat Energi Sebelum Pemasangan Low Pass RC Filter

1) Hasil Pengukuran Lampu Hemat Energi

Hasil pengukuran individual harmonik arus dan individual harmonik tegangan tiap merek lampu hemat energi dengan daya nyata nominal 8 watt, 16 watt dan 20 watt pada harmonik 3, 5, 7, total harmonik arus (I_{THD}) dan total harmonik tegangan (V_{THD}) dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5.

B. Perancangan Low –Pass RC Filter

Berdasarkan hasil pengukuran seperti yang telah diperlihatkan sebelumnya, didesainlah sebuah filter yang terdiri dari komponen resistor dan kapasitor. Filter ini diharapkan dapat melewati frekuensi yang berada di bawah frekuensi cut-off dan memotong atau mengurangi amplitudo di atas frekuensi cutoff, bahwa frekuensi cut-off adalah 150 Hz. Setelah menentukan frekuensi cut-off, maka ditentukan pula nilai kapasitor yang akan digunakan, hal ini dilakukan karena nilai kapasitor yang tersedia di pasaran sangat terbatas. Dari hasil perhitungan dengan frekuensi

TABEL III
DATA HARMONIK HASIL PENGUKURAN LAMPU HEMAT ENERGI DAYA NYATA NOMINAL 8WATT

| No | Merek | Harmonik Arus (%) | | | | Harmonik Tegangan (%) | | | |
|----|---------|-------------------|-------|-------|-----------|-----------------------|-------|-------|-----------|
| | | 3 | 5 | 7 | I_{THD} | 3 | 5 | 7 | V_{THD} |
| 1 | Chiyoda | 82.63 | 55.04 | 27.1 | 109.2 | 0.21 | 1.467 | 0.349 | 1.568 |
| 2 | Focus | 88.85 | 59.86 | 27.32 | 112.7 | 0.204 | 1.425 | 0.377 | 1.537 |
| 3 | Milion | 80.47 | 51.16 | 23.30 | 103.4 | 0.109 | 1.539 | 0.245 | 1.607 |
| 4 | Optima | 77.23 | 43.88 | 15.96 | 96.30 | 0.199 | 1.466 | 0.365 | 1.566 |

TABEL IV
DATA HARMONIK HASIL PENGUKURAN LAMPU HEMAT ENERGI DAYA NYATA NOMINAL 16 WATT

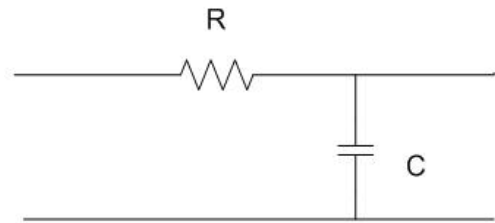
| No | Merek | Harmonik Arus (%) | | | | Harmonik Tegangan (%) | | | |
|----|---------|-------------------|-------|-------|-----------|-----------------------|-------|-------|-----------|
| | | 3 | 5 | 7 | I_{THD} | 3 | 5 | 7 | V_{THD} |
| 1 | Chiyoda | 86.72 | 64.40 | 39.22 | 123.7 | 0.125 | 1.551 | 0.337 | 1.641 |
| 2 | Focus | 90.75 | 74.69 | 54.83 | 142.8 | 0.168 | 1.477 | 0.35 | 1.583 |
| 3 | Milion | 67.18 | 26.18 | 13.77 | 79.42 | 0.201 | 1.452 | 0.326 | 1.555 |
| 4 | Optima | 72.6 | 34.75 | 12.23 | 87.81 | 0.08 | 1.507 | 0.31 | 1.591 |

TABEL V
DATA HARMONIK HASIL PENGUKURAN LAMPU HEMAT ENERGI DAYA NYATA NOMINAL 20 WATT

| No | Merek | Harmonik Arus (%) | | | | Harmonik Tegangan (%) | | | |
|----|---------|-------------------|-------|-------|-----------|-----------------------|-------|-------|-----------|
| | | 3 | 5 | 7 | I_{THD} | 3 | 5 | 7 | V_{THD} |
| 1 | Chiyoda | 87.89 | 67.46 | 43.57 | 129.6 | 0.077 | 1.551 | 0.382 | 1.64 |
| 2 | Focus | 88.72 | 69.48 | 46.97 | 132.3 | 0.162 | 1.481 | 0.261 | 1.57 |
| 3 | Milion | 60.5 | 18.44 | 17.77 | 71.2 | 0.043 | 1.506 | 0.23 | 1.561 |
| 4 | Optima | 79.12 | 47.57 | 19.26 | 100.9 | 0.081 | 1.571 | 0.259 | 1.664 |

cut-off 150 Hz dan kapasitor non polar yang digunakan (dipasaran dinamakan kondensator pompa air) adalah 10 μ F, maka di dapat nilai resistor sebesar 106 Ohm. Oleh karenanya digunakan 9 buah resistor yang masing-masing memiliki nilai resistansi 12 Ohm yang disusun secara seri.

Berdasarkan hasil rancangan filter yang digunakan, maka amplitudo gelombang yang mempunyai frekuensi di bawah 150 Hz akan dilewatkan dan frekuensi di atas 150 Hz akan mengalami peredaman. Tahapan selanjutnya adalah memasang filter pada rangkaian penelitian seperti pada Gambar 3, kemudian melakukan pengukuran atau pengambilan data untuk melihat seberapa besar pengaruh filter pasif yang dibuat dalam meredam arus harmonik pada lampu hemat energi.



Gambar 3. Rancangan low pass RC filter yang digunakan dalam penelitian

C. Hasil Pengukuran Lampu Hemat Energi setelah pemasangan low pass RC filter

1) Hasil Pengukuran Lampu Hemat Energi

Hasil pengukuran individual harmonik arus tiap merek lampu hemat energi dengan daya nyata nominal 8 watt, 16

TABEL VI
DATA HARMONIK HASIL PENGUKURAN LAMPU HEMAT ENERGI DAYA NYATA NOMINAL 8WATT

| No | Merek | Harmonik Arus (%) | | | |
|----|---------|-------------------|------|------|------------------|
| | | 3 | 5 | 7 | I _{THD} |
| 1 | Chiyoda | 9,63 | 7,04 | 5,1 | 13,8 |
| 2 | Focus | 8,85 | 6,86 | 5,32 | 13,012 |
| 3 | Milion | 8,47 | 5,16 | 2,30 | 10,142 |
| 4 | Optima | 7,23 | 4,88 | 3,96 | 10,49 |

TABEL VII
DATA HARMONIK HASIL PENGUKURAN LAMPU HEMAT ENERGI DAYA NYATA NOMINAL 16 WATT

| No | Merek | Harmonik Arus (%) | | | |
|----|---------|-------------------|------|------|------------------|
| | | 3 | 5 | 7 | I _{THD} |
| 1 | Chiyoda | 9,72 | 7,40 | 4,22 | 13,462 |
| 2 | Focus | 9,75 | 7,69 | 5,83 | 14,262 |
| 3 | Milion | 6,18 | 4,18 | 3,77 | 8,704 |
| 4 | Optima | 7,60 | 4,74 | 2,23 | 9,59 |

TABEL VIII
HARMONIK HASIL PENGUKURAN LAMPU HEMAT ENERGI DAYA NYATA NOMINAL 20 WATT

| No | Merek | Harmonik Arus (%) | | | |
|----|---------|-------------------|------|------|------------------|
| | | 3 | 5 | 7 | I _{THD} |
| 1 | Chiyoda | 8,89 | 6,46 | 5,57 | 13,352 |
| 2 | Focus | 8,72 | 6,48 | 4,97 | 12,46 |
| 3 | Milion | 6,5 | 4,44 | 2,77 | 8,782 |
| 4 | Optima | 7,12 | 4,57 | 2,26 | 9,81 |

watt dan 20 watt setelah difilter pada harmonik 3, 5, dan 7 serta total harmonik arus (I_{THD}) dapat dilihat pada Tabel 6, Tabel 7 dan Tabel 8.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian harmonik lampu hemat energi pada berbagai merek tanpa dan dengan menggunakan low pass RC filter dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Low Pass RC filter yang digunakan merupakan jenis filter pasif untuk melewatkan amplitudo gelombang yang mempunyai frekuensi di bawah 150 Hz, dan akan meredam amplitudo gelombang yang mempunyai frekuensi di atas 150 Hz.
2. Sebelum pemasangan low pass RC filter, pada 4 merek lampu hemat energi (Chiyoda, Focus, Milion, Optima) yang digunakan dalam penelitian dengan daya nyata nominal 8 watt, nilai total harmonik distorsi tegangan pada masing-masing merek yakni: Chiyoda; 1,568%, Focus; 1,537%, Milion; 1,607% dan Optima; 1,566%, sedangkan nilai total harmonik distorsi arus pada merek Chiyoda; 109,2%, Focus; 112,7%, Milion; 103,4% dan Optima; 96,3%. Untuk daya nyata nominal 16 watt, nilai total harmonik distorsi tegangan pada merek Chiyoda; 1,641%, Focus; 1,583%, Milion; 1,555% dan Optima; 1,591%, sedangkan nilai total harmonik distorsi arus pada merek Chiyoda; 123,7%, Focus; 142,8%, Milion; 79,42% dan Optima; 87,81%. Terakhir untuk daya nyata nominal 20 watt didapat bahwa nilai total harmonik distorsi tegangan pada merek Chiyoda; 1,64%, Focus; 1,57%, Milion; 1,561% dan Optima; 1,664%, sedangkan nilai total harmonik distorsi arus pada merek Chiyoda; 129,6%, Focus; 132,3%, Milion; 71,2% dan Optima; 100,9%.
3. Setelah pemasangan low pass RC filter, pada 4 merek lampu hemat energi (Chiyoda, Focus, Milion, Optima) yang digunakan dalam penelitian dengan daya nyata nominal 8 watt, nilai total harmonik distorsi arus pada merek Chiyoda; 13,8%, Focus; 13,012%, Milion; 10,142% dan Optima; 10,49%. Untuk daya nyata nominal 16 watt, nilai total harmonik distorsi arus pada merek Chiyoda; 13,462%, Focus; 14,262%, Milion; 8,704% dan Optima; 9,59%. Terakhir untuk daya nyata nominal 20 watt, nilai total harmonik distorsi arus pada merek Chiyoda; 13,352%, Focus; 12,46%, Milion; 8,782% dan Optima; 9,81%.

DARTAR PUSTAKA

[1] IEEE Standards Association. 519-1992., 1993., Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems. New York: IEEE Press.
 [2] Jos Arrillaga, Smith, Neville RW., 1997., Power System Harmonic pp:5-7. Chichester: John Wiley & Sons.

- [3] **R. Sastry Vedam, Mulukutla S. Sarma.**, 2009., Power Quality Var Compensation in Power Systems pp:1. CRC Press, New York.
- [4] **Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan, H. Wayne Beaty.**, 2004., Electrical Power System Quality pp:173. McGraw-Hill.
- [5] **Timothy.L Skvarenina.**, 2002., The Power Electronics Handbook pp:492, CRC Press, New York.
- [6] **Sunanda, Wahri., Rahman, Yuli A.**, 2011, Watak Harmonik Pada Inverter Tiga Fasa Tak Berbeban, Jurnal Foristek Vol. 1 No. 1, Palu, Hal. 16-21.