

Karakteristik Hamonik Pada Beban Nonlinear Lampu LED

Edi Sarwono¹, Vera Noviana Sulistyawan², Subiyanto³

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Agustus 2019
Disetujui Oktober 2019
Dipublikasikan Desember 2019

Keywords:

LED lamp
Rectifier
Harmonic Distortion
Power Quality
Current THD
Voltage THD

Abstrak

Harmonik adalah sebuah fenomena pada sistem tenaga listrik yang menimbulkan permasalahan kualitas dimana bentuk gelombang arus atau tegangan dari suplai akan menjadi terdistorsi sehingga bisa menimbulkan pemanasan berlebih dalam setiap inti magnetik di peralatan listrik. Membesarnya harmonik ini memicu membesarnya rugi-rugi daya dalam inti tersebut akibat arus pusar yang ditimbulkannya. Hal ini akan mengurangi energi input yang diberikan sehingga efisiensi alat menurun. Distorsi harmonik dari bentuk gelombang sinusoidal tegangan dan arus perlu diteliti dan harmonik ini umumnya dipicu oleh beban nonlinear, yang salah satunya adalah lampu LED. Lampu LED adalah salah satu beban nonlinear yang menggunakan komponen rectifier di dalamnya. Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian kandungan harmonik tegangan, harmonik arus, terhadap 3 merek lampu LED dan menggunakan standar IEEE 519-2014 sebagai acuan dalam menetapkan batas tegangan dan arus harmonik maksimum. Pengukuran dalam penelitian ini dilakukan menggunakan Power quality Analyzer merk HIOKI 3197. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa total harmonik distorsi (THD) tegangan pada berbagai merek lampu LED tidak melebihi dari batas standar IEEE 519- 2014 yaitu maksimum 5% karena harmonik tegangan terbesar adalah 2,9 %. Sedangkan total harmonik distorsi (THD) arus pada berbagai merek lampu LED tersebut memiliki nilai THD terbesar 170,6%.

Abstract

Harmonics is a phenomenon in electric power systems that causes quality problems where the current or voltage waveforms of the supply will become distorted so that it can cause overheating in each magnetic core in the electrical equipment. This enlargement of the harmonics triggers the enlargement of power losses in the core due to the eddy currents it causes. This will reduce the input energy so that the efficiency of the tool decreases. Harmonic distortion of the sinusoidal waveforms of voltage and current needs to be investigated and these harmonics are generally triggered by nonlinear loads, one of which is LED lamp. LED lamps are one of the nonlinear loads that use rectifier components in them. In this research, we have tested the voltage harmonic content, current harmonic, on 3 brands of LED lamps and used the IEEE 519-2014 standard as a reference in setting the maximum harmonic voltage and current limits. Measurements in this study were carried out using the HIOKI 3197 brand Power Quality Analyzer. From the test results showed that the total harmonic distortion (THD) voltage on various brands of LED lamps did not exceed the IEEE 519-2014 standard limit which is a maximum of 5% because the largest harmonic voltage is 2,9%. While the total harmonic distortion (THD) of current in various brands of LED lamps has the largest THD value of 170.6%.

A. PENDAHULUAN

Dewasa ini di bidang penerangan telah marak digunakan berbagai macam lampu yang hemat energi. Perkembangan lampu hemat energi telah beralih ke jenis lampu jenis *light emitting diode* (LED) [Sohel Uddin et al, 2015]. Lampu LED memerlukan catu daya arus searah, sedangkan sumber sistem kelistrikan pada umumnya adalah sistem arus bolak-balik. Pemasangan penyearah (*rectifier*) sebagai bagian dari rangkaian penyuplai lampu LED telah membuat lampu ini menghasilkan harmonik [Ratnesh Kumar Pandey, 2016]. Harmonik adalah sebuah fenomena pada sistem tenaga listrik yang menimbulkan permasalahan kualitas dimana bentuk gelombang arus atau tegangan dari suplai akan menjadi terdistorsi sehingga bisa menimbulkan bahaya pada peralatan listrik [Awan Setiawan, 2007, Prachi Godbole, 39-43]. Harmonik juga diartikan sebagai gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Timbulnya harmonik ini dapat menimbulkan gangguan pada sistem kelistrikan serta dapat merugikan dari sisi produsen maupun konsumen [Djiteng, Marsudi, 2002].

Harmonik adalah salah aspek yang mempengaruhi berkurangnya kualitas listrik [Wahri Sunanda, 2014, Victor George et al, 2011]. Harmonik dalam sistem tenaga listrik dapat merupakan distorsi pada gelombang tegangan dan arus fundamental [Jos Arrillaga et al, 2003]. Beban non linier yang dianggap sebagai sumber harmonik terdiri dari beban yang mengandung komponen elektronika daya seperti lampu hemat energi. Timbulnya harmonik pada sistem tenaga listrik salah satunya disebabkan oleh adanya alat-alat yang mempunyai impedansi tidak linier [Liem Ek Bien & Sudarno, 2004].

Contoh alat-alat yang mempunyai impedansi tidak linier adalah sebagai berikut:

- ❖ Penyearah (*Rectifier*).
- ❖ Pengubah arus searah menjadi arus bolak-balik (*Inverter*).
- ❖ Pengubah frekuensi (*Frequency Converter*) untuk mengatur putaran motor listrik.
- ❖ Tungku busur listrik.
- ❖ Lampu dengan pelepasan gas (*Gas Discharge Lamp*).

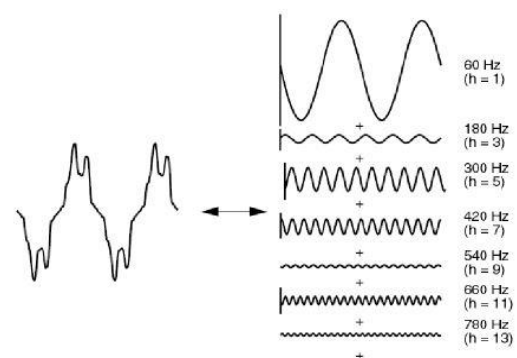
Beban non linear memberikan bentuk gelombang keluaran arus yang tidak sebanding dengan tegangan dasar sehingga gelombang arus maupun tegangannya tidak sama dengan gelombang masukannya [Sahana, 2015]. Beban non linier merupakan sumber terjadinya harmonik, yang pada umumnya merupakan komponen semikonduktor yang ketika proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja setiap setengah siklus gelombang atau beban yang membutuhkan arus tidak tetap pada setiap periode waktunya.

Dengan timbulnya harmonik maka kualitas listrik yang disalurkan menjadi menurun, hal ini dikarenakan bentuk gelombang dari tegangan atau arus tidak lagi

sinusoidal murni namun sudah mengalami distorsi [Ana Maria Blanco et al, 2013].

Sebagai suatu peralatan yang mengandung komponen elektronika daya berupa penyearah, keberadaan lampu LED yang ada dipasaran menarik untuk dilakukan pengujian berupa kandungan harmonik [C. Jettanasen, and C. Pothisarn, 2014]. Keberadaan harmonik ini merupakan kekurangan dalam spesifikasi teknis dalam lampu LED yang dikhawatirkan akan memberikan efek negatif di jaringan listrik yang selanjutnya akan merugikan penyedia tenaga listrik disisi sumber dan pemakai tenaga listrik disisi beban atau konsumen.

Ketika gelombang identik dari satu siklus ke siklus berikutnya, dapat direpresentasikan sebagai jumlah dari gelombang sinus sinusoidal murni di frekuensi masing-masing merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi fundamental gelombang terdistorsi ini disebut harmonik fundamental [Roger C. Dugan, 2004]. Gambar 1 memuat sebuah gelombang yang terdistorsi dan direpresentasikan dalam deret seri Fourier.



Gambar 1. Gelombang terdistorsi direpresentasikan dalam deret Fourier

THD adalah ukuran dari nilai efektif komponen gelombang yang terdistorsi. Persamaan (1) dan (2) diartikan sebagai perbandingan nilai rms komponen harmonik terhadap komponen dasar dalam persen (%). Indeks ini digunakan untuk mengukur penyimpangan dari bentuk gelombang suatu periode yang mengandung harmonik pada satu gelombang sinus sempurna, yang pada frekuensi dasar THDnya adalah nol. Demikian pula pengukuran distorsi harmonik individual untuk tegangan dan arus pada orde ke n didefinisikan sebagai V_n/V_1 dan I_n/I_1 .

$$THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \times 100 \% \quad (1)$$

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \times 100 \% \quad (2)$$

Untuk menghitung besarnya harmonik arus pada setiap orde dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut [Mohd. Shafiul Islam et al, 2015] :

$$\% THD_I = \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + \dots + I_n^2}}{I_1} \times 100 \quad (3)$$

Perhitungan besarnya harmonik tegangan pada setiap orde dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\% THD_V = \frac{\sqrt{V_3^2 + V_5^2 + V_7^2 + \dots + V_n^2}}{V} \times 100 \quad (4)$$

Standart IEEE 519-2014 digunakan sebagai acuan batas harmonic [John Cheng, 2014].

Tabel 1. Batas Maksimum Harmonik Tegangan

Tegangan Bus PCC	Distorsi Tegangan Individu (%)	Total Distorsi Tegangan (%)
≤ 1kV	5,0	8,0
1 kV < V ≤ 69 kV	3,0	5,0
69 kV < V < 161 kV	1,5	2,5
161 kV < V	1,0	1,5

Tabel 2. Batas maksimum Harmonik Arus

Distorsi arus maksimum dalam % pada IL harmonik orde individu						TDD
ISC/IL	<11	11 ≤ n < 17	17 ≤ n < 23	23 ≤ n < 35	35 ≤ n < 50	
< 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

B. METODE

Penelitian dilakukan dengan memperoleh terlebih dahulu sampel tiga merek lampu LED yang ada dipasaran. Dalam penelitian ini digunakan 3 merek lampu, yaitu:

- Lampu LED A (lampu merek terkenal tanpa garansi)
- Lampu LED B (lampu dengan garansi 1 tahun)
- Lampu LED C (lampu dengan harga murah tanpa garansi)

Pengukuran dilakukan Sumber tegangan yang digunakan pada penelitian ini adalah tegangan dari jaringan listrik PLN 1 fasa 2 kawat 220 Volt.



Gambar 2. Rangkaian Penelitian

Proses pengukuran masing-masing merek lampu LED. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kandungan harmonik tegangan dan harmonik arus menggunakan PQA HIOKI 3197. Pengukuran dilakukan dengan cara menghubungkan lampu LED dengan sumber tegangan 220 volt 50 Hz. Clamp arus ditempatkan pada fasa penghantar untuk mengukur besarnya kandungan harmonik dan bentuk gelombang arus. Clamp tegangan dipasang parallel dengan penghantar untuk mengukur besarnya kandungan harmonik dan bentuk gelombang tegangan pada lampu LED. PQA dihubungkan ke PC dengan menggunakan kabel USB untuk merekam data supaya langsung terekam pada PC seperti ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Proses Pengukuran

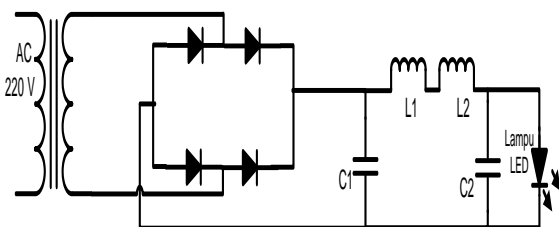
C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian penyearah pada Lampu LED merupakan sumber harmonik. Masing-masing merek lampu LED yang digunakan pada penelitian memiliki bentuk rangkaian yang berbeda antara satu dengan yang lain. Lampu LED A yang digunakan sebagai sampel pada penelitian ini banyak ditemukan di pasaran pada umumnya. Rangkaian elektronik yang terdapat pada lampu ini dapat dilihat pada Gambar 4.



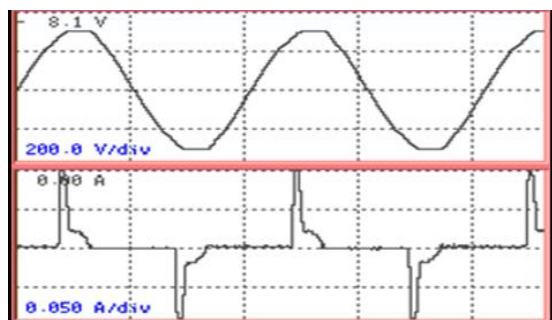
Gambar 4. Rangkaian dalam Lampu LED A.

Gambar 4 menunjukkan rangkaian elektronik lampu LED A. Rangkaian elektronik tersebut terdiri dari sisi sumber tegangan AC 220 volt 50 Hz, kemudian disearahkan melalui penyearah gelombang penuh 4 dioda dua buah kapasitor dan dua buah induktor pada sisi keluaran penyearah sebagai filter sebelum masuk ke beban lampu LED.



Gambar 5. Rangkaian ekivalen lampu LED A

Sedangkan Gambar 5 merupakan rangkaian ekivalen dari Gambar 4 rangkaian ini menggambarkan suplay tegangan sumber yang melewati penyearah gelombang penuh 4 dioda. Setelah melewati penyearah, tegangan dilewatkan filter berupa kombinasi induktor dan kapasitor, kemudian sampai ke beban lampu LED



Gambar 6. Waveform LED A

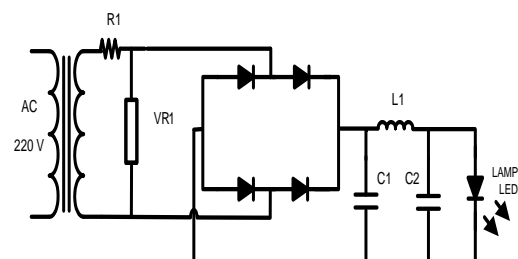
Bentuk gelombang tegangan adalah sinusoidal dengan tingkat distorsinya sebesar 2,7%. Sedangkan tingkat distorsi arus sebesar 154 %. Gelombang arus mengalami distorsi sangat besar sehingga bentuk gelombangnya tidak sinusoidal.

Lampu LED B yang digunakan sebagai sampel pada penelitian ini juga banyak ditemukan di pasaran pada umumnya. Rangkaian elektronik yang terdapat pada lampu ini dapat dilihat pada Gambar 7.



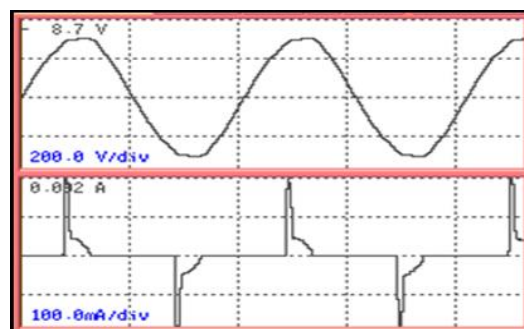
Gambar 7. Rangkaian dalam Lampu LED B

Gambar 7 menunjukkan rangkaian elektronik lampu LED merek Hannock. Rangkaian elektronik tersebut terdiri dari sisi sumber tegangan AC 220 volt 50 Hz yang terhubung seri dengan resistor (R1) dan terhubung parallel dengan varistor tegangan (VR1) kemudian disearahkan melalui penyearah gelombang penuh 4 dioda. Tegangan dan arus yang keluar dari penyearah difilter dengan kapasitor (C1) dan difilter kembali oleh induktor (L1) dan kapasitor (C2). Tegangan dan arus akan sampai ke beban LED setelah melewati filter tersebut.



Gambar 8. Rangkaian ekivalen lampu LED B

Gambar 8. merupakan rangkaian ekivalen dari gambar 7. rangkaian ini menggambarkan suplay tegangan sumber yang melewati resistor dan varistor tegangan sebelum melewati penyearah gelombang penuh 4 dioda. Setelah melewati penyearah, tegangan dilewatkan filter kapasitor dan filter induktor dan kapasitor. Tegangan dan arus sampai ke beban LED setelah melewati filter tersebut.



Gambar 9. Waveform LED B

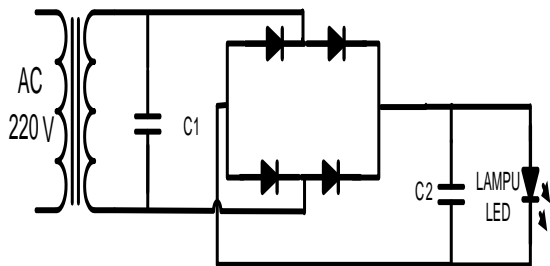
Pada lampu LED B bentuk gelombang tegangan sinusoidal dan tingkat distorsinya sebesar 2,9%. Sementara itu tingkat distorsi arus sebesar 170,6 %. Gelombang arus mengalami distorsi sangat besar sehingga bentuk gelombangnya tidak sinusoidal.

Lampu LED C yang digunakan sebagai sampel pada penelitian ini selain harganya yang sangat terjangkau juga banyak ditemukan di pasaran pada umumnya. Rangkaian elektronik yang terdapat pada lampu ini dapat dilihat pada Gambar 10.



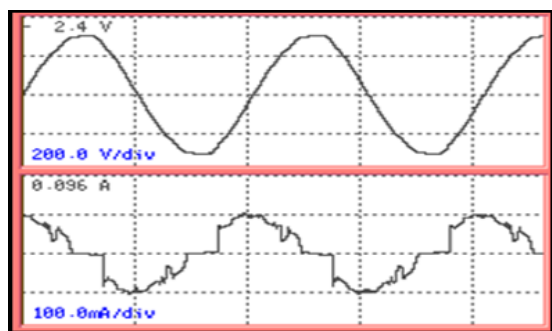
Gambar 10. Rangkaian dalam Lampu LED C

Gambar 10 menunjukkan rangkaian elektronik lampu LED merek C. Rangkaian elektronik tersebut terdiri dari sisi sumber tegangan AC 220 Volt 50 Hz yang terhubung terhubung parallel dengan filter kapasitor (C1) kemudian disearahkan melalui penyearah gelombang penuh 4 dioda. Tegangan dan arus yang keluar dari penyearah difilter kembali dengan kapasitor (C2) Tegangan dan arus akan sampai ke beban LED setelah melewati filter tersebut..



Gambar 11. Rangkaian ekivalen lampu LED C

Gambar 11. merupakan rangkaian ekivalen dari gambar 10. Rangkaian ini menggambarkan suplay tegangan sumber yang melewati filter kapasitor sebelum melewati penyearah gelombang penuh 4 dioda. Setelah melewati penyearah, tegangan dilewatkan filter kapasitor. Tegangan dan arus sampai ke beban LED setelah melewati filter tersebut,



Gambar 12. Waveform LED C

Bentuk gelombang tegangan sinusoidal dan tingkat distorsinya sebesar 2,8%. Tingkat distorsi arus sebesar 22 %. Gelombang arus mengalami distorsi yang lebih kecil dari 2 merek lampu sampel sebelumnya sehingga bentuk gelombangnya masih sinusoidal meskipun terdistorsi. Tetapi lampu ini memiliki kuat penerangan yang paling rendah dibanding dengan 2 merek lampu sampel yang lain.

D. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan :

1. Masing-masing lampu LED yang di uji memiliki rangkaian elektronik yang berbeda-beda antara satu dengan yang lain.
2. Lampu LED yang diuji pada penelitian ini mengandung harmonik. Harmonik arus yang tinggi dijumpai pada semua lampu LED yang diuji. Harmonik tegangan pada lampu LED yang diuji masih dalam batas standar IEEE 519-2014
3. Nilai THD tegangan lampu LED yang diuji masih dalam batas standar. Namun THD arus lampu LED yang diuji sangat tinggi dan melebihi standar.

DAFTAR PUSTAKA

- Sohel Uddin, Hussain Shareef, Olav Krause, Azah Mohamed, Mohammad Abdul Hannan, Naz Niamul Islam, "Impact of large-scale installation of LED lamps in a distribution system," *Turk J Elec Eng & Comp Sci*, (2015) 23: 1769 – 1780
- Ratnesh Kumar Pandey, Asst. Prof. S.P.Tondare, "An AC LED Driver with Improved Total Harmonic Distortion and Power Factor," *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 7, Issue 5, May-2016
- Awan Setiawan, "Kajian Pengaruh Harmonik Terhadap Sistem Tenaga Listrik," *ELTEK*, Volume 5 No. 2, 2007
- Prachi Godbole, "Effect of Harmonics on Active Power Flow and Apparent Power in the Power System", *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering*, ISSN : 2278-2834, PP: 39-43
- Djiteng, Marsudi, Ir., "Pengaruh Harmonik Dalam Pasokan Tenaga Listrik," *Prosiding Seminar Kiat Menghadapi Krisis Energi Listrik*, 2002.
- Victor George, Aayush Bagaria, Prakash Singh, Sankalp Rajeev Pampattiwar and Swati Perival, " Comparison of CFL and LED Lamp – Harmonik Disturbances, Economics (Cost and Power Quality) and Maximum Possible Loading in a Power Sistem ", *Ramaiah Institute of Technology, Bangalore, India*. (2011)

- Wahri Sunanda, "Kandungan Harmonik pada Lampu Hemat Energi," ECOTIPE, Volume 1, No. 2, 2014
- Jos Arrillaga and Neville R. Watson, "Power Sistem Harmonik". Chichester: John Wiley & Sons., 2003
- Liem Ek Bien & Sudarno, "Pengujian Harmonik Dan Upaya Pengurangan Gangguan Harmonik Pada Lampu Hemat Energi," JETri, Volume 4, Nomor 1, pp. Halaman 53-64, 2004
- Sahana, CB, "Study on Mitigation of Harmonics by Using Passive Filter and Active Filter", International Conference On Advances in Computer & Communication Engineering (ACCE - 2015), Vol.3, Special Issue 5, May 2015
- Ana Maria Blanco, Robert Stiegler, Dan Jan Meyer, "Power quality Disturbances caused by Modern Lighting Equipment (CFL and LED)", Technische Universitat Dresden Dresden, Germany, 2013
- C. Jettanasen, and C. Pothisarn, " Analytical Study of Harmonics Issued from LED Lamp Driver ", Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2014 Vol II, IMECS 2014, March 12 - 14, 2014, Hong Kong
- Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan, Surya Santoso, H. Wayne Beaty, "Electrical Power Systems Quality," 2nd Edition ed: McGraw - Hill, 2004
- Mohd. Shafiul Islam, Noor Alam Chowdhury, Abdul Kader Sakil, Amith Khandakar, Atif Iqbal, Haitham Abu-Rub, " Power quality Effect of Using Incandescent, Fluorescent, CFL and LED Lamps on Utility Grid ", First Workshop on Smart Grid and Renewable Energi (SGRE), 2015.
- Dr. John Cheng, CEng, CEM, CEA, CMVP, " IEEE Standards 519-2014", Compliances, Updates, Solutions and Case Studies., Schneider Elektrik, 2014