

# TINJAUAN FLUKS CAHAYA, SUHU WARNA, *TOTAL HARMONIC DISTORTION*, FAKTOR DAYA LAMPU PIJAR, LAMPU HEMAT ENERGI DAN *LIGHT EMITTING DIODE*

Mulya Haryanto<sup>1\*</sup>, Eva Magdalena Silalahi<sup>2</sup>, Bambang Widodo<sup>3</sup>, Robinson Purba<sup>4</sup>,  
Judo Ignatius Nempung<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Kristen Indonesia  
Jakarta

<sup>2,3,4,5</sup>Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia  
Jakarta

\*e-mail korespondensi: [mulyahryant@gmail.com](mailto:mulyahryant@gmail.com)

## Abstrak

Kebutuhan akan energi saat ini semakin meningkat dengan kegiatan manusia yang banyak menggunakan energi terutama energi listrik, sehingga perlu tindakan penghematan energi seperti penerangan dengan menggunakan perangkat elektronik yang hemat energi. Teknologi penerangan terbaru yang digunakan adalah lampu hemat energi (LHE) dan *light emitting diode* (LED) yang dirancang sebagai pengganti penggunaan lampu pijar. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan antar lampu berdasarkan fluks cahaya, suhu warna, *Total Harmonic Distortion* (THD) dan faktor daya. Standar yang digunakan untuk fluks cahaya, suhu warna mengacu pada SNI 03-6575-2001 dan THD menggunakan acuan *IEEE 519-2014*. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan bahwa, fluks cahaya yang dihasilkan oleh LED dua kali dari LHE. Suhu warna yang paling baik adalah LED dengan nilai perbandingan 875°K/W. THD arus yang dihasilkan oleh LHE dan LED tidak memenuhi standar yang digunakan, namun THD arus dari LHE lebih kecil 4% - 7,3% dari LED. Faktor daya yang dihasilkan oleh LHE dan LED sebesar 0,5 sampai 0,6.

**Kata Kunci:** *Efikasi, Suhu warna, Total Harmonic Distortion (THD), SNI 03-6575-2001, IEEE Standar 519-2014.*

## Abstract

Requirements of energy in nowadays are directly proportional with human activities which use a lot of energy, especially for electrical energy, therefore, it is necessary to take energy saving measures such as lighting that use electronic devices with energy efficient. The latest lighting technology is used saving energy lamp (LHE) and light emitting diode (LED) which are designed to replace that use of incandescent lamps. The purpose of this research was to compare lamp based on light flux, colour temperature total harmonic distortion (THD) and power factor. The standard used for luminous lighting flux, the colour temperature standard of SNI 03-6575-2001 and THD using reference *IEEE 519-2014*. From the study has been done is obtained that level of lighting flux produced by LED type is bigger for twice than LHE type. The best colour temperature is LED with ratio value of 875°K/W. THD current for LHE and LED does not comply the standard, therefore THD current is smaller 4% - 7,3% from LED. The power's factor produced by LHE and LED is 0.5 to 0.6.

**Keywords:** *Efficacy, Colour temperature, Total Harmonic Distortion (THD), SNI 03-6575-2001, IEEE Standard 519-2014*

## 1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan teknologi, energi listrik mempunyai peranan penting dan kebutuhannya meningkat cepat. Oleh karena keterbatasan sumber energi, maka langkah penghematan energi perlu dilakukan yang didukung oleh Presiden Republik Indonesia berdasarkan Instruksi Presiden Republik Indonesia (INPRES) Nomor 10 tahun 2005<sup>[1]</sup>. Salah satu implementasinya adalah dengan membuat peralatan listrik yang hemat energi, termasuk lampu penerangan. Teknologi terbaru adalah, jenis lampu yang menggunakan rangkaian elektronika daya seperti pada lampu hemat energi (LHE) atau *Compact Fluorescent Lamp* (CFL) dan *Light Emitting Diode* (LED).

Selain itu, lampu yang hemat energi harus memiliki fluks cahaya yang baik. Proses *binning* menentukan berdasarkan kriteria jumlah cahaya, efikasi, usia pakai dan pengaturan suhu warna agar tidak silau. Berdasarkan beberapa penelitian telah membuktikan pengaruh intensitas cahaya pada lampu. Pengaruh Intensitas Penerangan pada Laboratorium dan bengkel jurusan Teknik Elektro mengungkapkan intensitas penerangan

tidak dipengaruhi oleh luas ruangan, namun dapat dipengaruhi oleh cahaya dari luar ruangan<sup>[2]</sup>. Kemudian Peluang Pemanfaatan Lampu LE sebagai Lampu Penerangan yang hemat energi oleh Daniel Yosua Stevanus dari jurusan Teknik Elektro Universitas Indonesia memperlihatkan bahwa, LED dengan THD arus terendah, memiliki efikasi yang lebih baik daripada jenis LHE dan lampu pijar<sup>[3]</sup>. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya merupakan penelitian hanya terhadap satu objek lampu yaitu, LHE atau LED. Penelitian yang akan dilakukan meliputi pengukuran besar daya, fluks cahaya dan suhu warna berdasarkan acuan SNI 03-6575-2001<sup>[4]</sup>. Kemudian pengukuran THD arus terhadap lampu LED, LHE dan lampu pijar dengan mengacu kepada standar *IEEE 519-2014*<sup>[5]</sup>.

## 2. Landasan Teori

### a. Pencahayaan

Cahaya didefinisikan sebagai bagian kecil dari spektrum elektromagnetik yang berada diantara ultraviolet dan inframerah dan cahaya mampu membuat retina untuk menghasilkan sensasi penglihatan yang disebut sebagai pandangan<sup>[6]</sup>. Gelombang cahaya

mempunyai energi gelombang elektromagnetik pada panjang gelombang 380-750 nm dan frekuensi  $4 \times 10^{14}$  –  $7,9 \times 10^{14}$  hertz.

James Clerk Maxwell memberikan sebuah teori mengenai elektromagnetisme bahwa, cahaya merambat dengan kecepatan ( $3 \times 10^8$ )m/s atau sama dengan laju cahaya<sup>[7]</sup>. Persamaan [1] digunakan untuk menghitung kecepatan rambat cahaya.

$$v = \lambda \times f \quad [1]$$

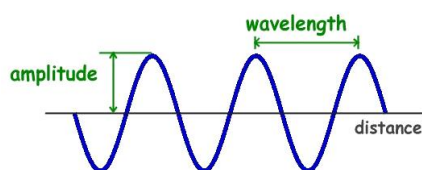
keterangan:

$v$  = kecepatan rambat gelombang (meter/detik)

$\lambda$  = panjang gelombang (meter)

$f$  = frekuensi (hertz)

Bentuk dari gelombang cahaya yang merambat pada suatu medium, diperlihatkan pada gambar 1.



**Gambar 1. Bentuk gelombang cahaya**

Sumber: <https://www.saturadar.com/Pengertian-Amplitudo.html>

### b. Efikasi

Fluks cahaya merupakan banyaknya cahaya yang terpancar oleh sumber cahaya. Satuan dari fluks cahaya adalah

lumen (lm) dan lambang dari fluks cahaya adalah ( $\Phi$ ). Intensitas cahaya diperoleh dari satu lumen (fluks cahaya) yang terpancar dalam satu steradian dari sumber cahaya sebesar satu *candela* (cd) pada permukaan bola dengan jari-jari sebesar satu meter. Perbandingan jumlah kuat fluks cahaya yang terpancar oleh sumber dengan daya yang dikonsumsi untuk memancarkan fluks tersebut adalah efikasi. Perbandingan ini diperlukan untuk mengetahui efektifitas dari cahaya dengan satuannya adalah lumen/watt. Perbandingan tingkat fluks cahaya dan besar daya pada lampu diperoleh berdasarkan persamaan [2].

$$K = \frac{\Phi}{P} \quad [2]$$

Keterangan:

$K$  = efikasi (lumen/watt)

$\Phi$  = jumlah fluks cahaya (lumen)

$P$  = daya listrik (watt)

### c. Warna cahaya lampu

Berdasarkan sifatnya, terdapat dua karakteristik kualitas warna cahaya yang dihasilkan lampu yaitu, tampak warna atau disebut juga suhu warna dan renderasi warna yang artinya cahaya yang dihasilkan lampu yang dapat mempengaruhi penampilan dari suatu

objek. Satuan suhu warna pada lampu secara umum dinyatakan dalam kelvin (K). Tabel 1 memperlihatkan hubungan tampak warna dengan suhu warna yang dihasilkan oleh lampu.

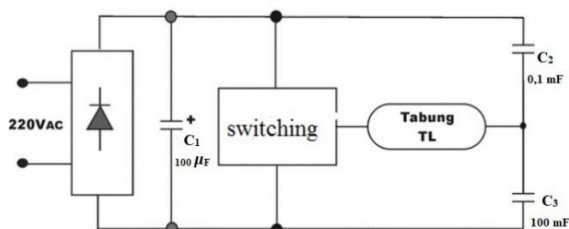
**Tabel 1. Hubungan tampak warna terhadap suhu warna<sup>[4]</sup>**

Suhu warna (kelvin)	Tampak warna yang dihasilkan
>5300	Dingin
3300 - 5300	Sedang
<3300	Hangat

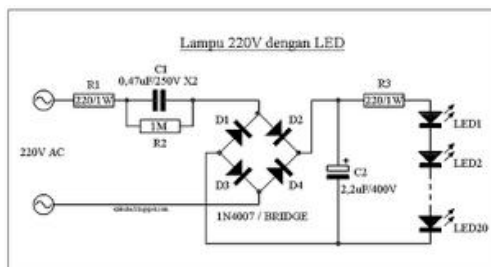
**d. Teori Lampu**

LHE dan LED merupakan jenis beban non linier yang menggunakan rangkaian elektronika daya untuk menghemat energi yang dibutuhkan. Rangkaian elektronika daya yang digunakan adalah ballast elektronik. Ballast elektronik berfungsi sebagai pembatas arus yang masuk dengan tetap menjaga besar tegangan yang diperlukan<sup>[8]</sup>.

Gambar 2 memperlihatkan rangkaian LHE dan gambar 3 memperlihatkan rangkaian LED.



**Gambar 2. Rangkaian Lampu Hemat Energi<sup>[8]</sup>**

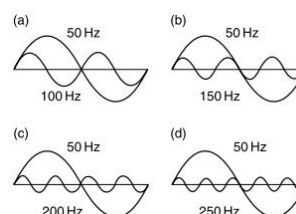


**Gambar 3. Rangkaian LED**

Sumber: <http://ledekonomis.blogspot.com/2012/08/cara-membuat-lampu-led.html>

**e. Harmonisa**

Masalah yang umum terjadi pada kualitas daya listrik, adalah harmonisa. Harmonisa merupakan gelombang yang memiliki frekuensi dengan kelipatan bilangan bulat atau yang disebut urutan harmonisa (n) dari frekuensi dasar<sup>[9]</sup>. Harmonisa dapat mempengaruhi bentuk gelombang sinusoidal yang berasal dari sumber. Bentuk gelombang tersebut akan terdistorsi akibat dari efek harmonisa sehingga bentuk gelombang menjadi gelombang non sinusoidal. Peristiwa perubahan bentuk gelombang sinusoidal ini yang disebut harmonisa. Gambar 4 memperlihatkan contoh bentuk gelombang harmonisa dari kelipatan frekuensi 50 hertz.



**Gambar 4. Frekuensi gelombang harmonisa<sup>[10]</sup>**

*Total Harmonic Distortion* (THD) adalah besaran dalam arus atau tegangan yang

digunakan untuk mengetahui tingkat harmonisa. Besaran ini diartikan sebagai perbandingan nilai efektif komponen – komponen harmonisa dari gelombang yang terdistorsi pada frekuensi dasar gelombang tersebut dan dengan satuan dalam bentuk persen. Persamaan [3] digunakan untuk menghitung THD.

$$I_h = \frac{I_n}{I_1} \times 100\% \quad [3]$$

Nilai THD arus, ditentukan berdasarkan persamaan [4].

$$I_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \quad [4]$$

Keterangan:

$I_{THD}$  = nilai THD arus

$I_n$  = nilai arus ke-n

$I_h$  = arus harmonisa ke-h

$I_1$  = arus fundamental

Nilai harmonisa individual untuk setiap urutan (orde) harmonisa dari gelombang tegangan yang mengandung harmonisa, ditentukan berdasarkan persamaan [4].

$$V_h = \frac{V_n}{V_1} \times 100\% \quad [4]$$

Nilai THD tegangan, ditentukan berdasarkan persamaan [5].

$$V_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \quad [5]$$

Keterangan:

$V_{THD}$  = nilai THD tegangan

$V_n$  = nilai arus ke - n

$V_h$  = arus harmonisa ke - h

$V_1$  = tegangan fundamental

Tabel 2 dan tabel 3 memperlihatkan standar *IEEE 519-2014* yang berisi tentang batasan dari harmonisa arus dan tegangan<sup>[5]</sup>.

**Tabel 2. Tabel batas THD arus**

Maximum harmonic current distortion in percent of $I_L$						
Individual harmonic order (odd harmonics) <sup>a,b</sup>						
$I_{sc}/I_L$	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h \leq 50$	TDD
$< 20^\circ$	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

**Tabel 3. Tabel batas THD tegangan**

Bus voltage $V$ at PCC	Individual harmonic (%)	Total harmonic distortion THD (%)
$V \leq 1.0$ kV	5.0	8.0
$1$ kV $< V \leq 69$ kV	3.0	5.0
$69$ kV $< V \leq 161$ kV	1.5	2.5
$161$ kV $< V$	1.0	1.5 <sup>a</sup>

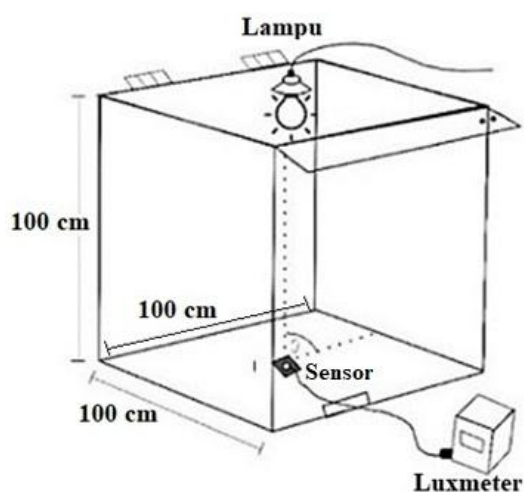
### 3. Pengukuran Parameter

#### a. Rangkaian pengukuran dan sketsa ruangan

Pada penelitian ini digunakan alat ukur *Digital Light meter* untuk mengukur tingkat fluks cahaya dan *Power Quality Analyzer (PQA) Kyoritsu KEW 6315* untuk mengetahui parameter seperti arus, tegangan, faktor daya dan besar THD yang dihasilkan tiap lampu.

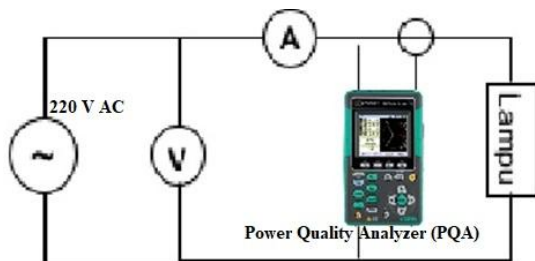
Pengujian besar fluks cahaya menggunakan sketsa ruangan yang

dirancang dengan masing – masing panjang, lebar dan tinggi sama yaitu 100 cm, seperti diperlihatkan pada gambar 5. Pengujian dilakukan dengan meletakkan sensor cahaya dari luxmeter pada bidang lantai sketsa ruangan dan mengatur posisi sensor tegak lurus terhadap lampu yang berada di tengah dari atap sketsa ruangan.



Gambar 5. Desain sketsa ruangan

Gambar 6 memperlihatkan alat ukur PQA yang digunakan untuk pengukuran arus, tegangan, daya, faktor daya dan THD dan dihubungkan dengan sumber bolak-balik AC (alternating current).



Gambar 6. Rangkaian pengujian

## b. Objek Penelitian

Tabel 4 merupakan data *nameplate* lampu yang akan diuji.

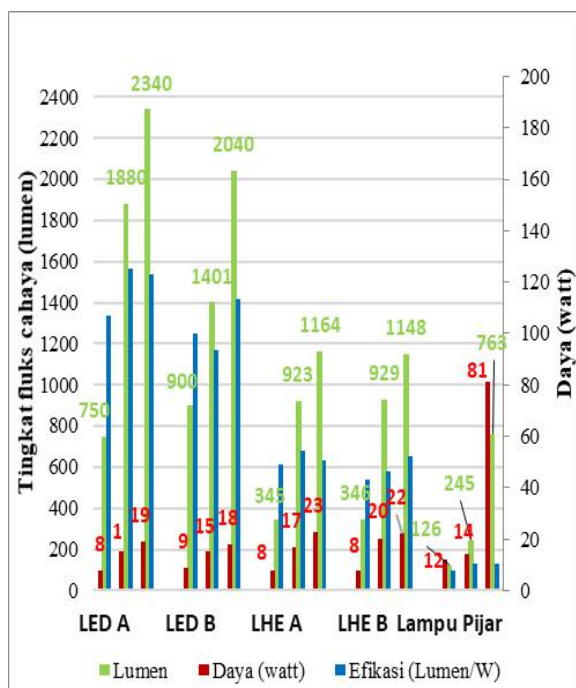
Tabel 4. Data beban lampu

No	Beban Lampu			
	Merek	Jumlah (pcs)	Jenis	Daya (watt)
1	A	1	LHE	8
		1		18
		1		23
		1	LED	8
		1		14,5
		1		19
2	B	1	LHE	8
		1		18
		1		23
		1	LED	9
		1		16
		1		20
3	Lampu Pijar	1	Lampu Pijar	15
		1		25
		1		75

## c. Hasil pengukuran dan analisis

### 1. Pengujian Tingkat Fluks Cahaya dan Besar Daya Terhadap Lampu

Hasil pengukuran tingkat fluks cahaya dan besar daya diperlihatkan dalam bentuk grafik pada gambar 7.



**Gambar 7. Hasil pengukuran tingkat lumen dengan besar daya**

Pada gambar 7 terlihat bahwa, tingkat fluks cahaya yang diperoleh pada daya 8 – 22 watt, LHE menghasilkan sebesar 345 – 1164 lumen dan LED sebesar 750 – 2340 lumen sehingga LED merupakan lampu dengan fluks cahaya yang paling tinggi. Tingkat fluks cahaya yang tinggi dapat mempengaruhi efikasi atau tingkat efisiensi pada lampu. Faktor yang mempengaruhi tingkat efisiensi lampu LED adalah nilai *binning* LED.

Nilai *binning* berfungsi sebagai tanda predikat lampu yang telah melalui tahap pengujian berupa standar kriteria jumlah cahaya, efikasi, usia pakai dan pengaturan suhu warna<sup>[9]</sup>. Lampu pijar merupakan lampu dengan tingkat efikasi paling rendah sebesar 7,8 lumen/watt

sampai 10,56 lumen/watt. Hal ini disebabkan oleh karena lampu pijar merupakan beban linier.

Berdasarkan hasil pengukuran, terlihat tingkat efikasi lampu LED lebih tinggi dibanding LHE. Hal ini disebabkan oleh karena dengan daya yang sama, tingkat lumen yang dihasilkan lampu LED dua kali lebih besar dari LHE.

## 2. Suhu warna yang dihasilkan lampu

Tabel 5 memperlihatkan suhu warna yang dihasilkan oleh tiap lampu.

**Tabel 5. Suhu warna pada tiap lampu**

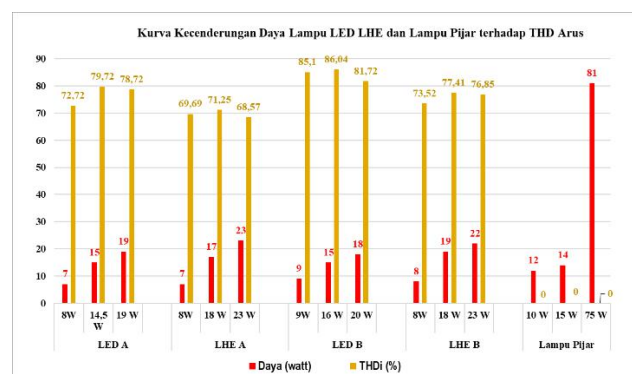
No.	Jenis Lampu	Besar daya yang diukur (W)	Suhu warna (°K)	Suhu warna/ besar daya (°K/W)
1	Lampu pijar	12	2700	225
2		14	2700	193
3		81	2700	33,3
4	LHE A	8	4000	500
5		18	6500	361,1
6		23	6500	282,6
7	LHE B	8	6500	812,5
8		18	6500	361,1
9		23	6500	282,6
10	LED A	8	7000	875
11		14,5	7000	482,7
12		19	7000	368,42
13	LED B	9	4000	444,4
14		16	7000	437,5
15		20	7000	350

Berdasarkan SNI 03-6575-2001, tampak warna diperoleh dari suhu warna lampu. Lampu LED memiliki suhu warna sebesar 7000° kelvin, namun untuk LED B 9 watt, suhu warna yang dihasilkan berbeda sebesar 4000° kelvin. Dari suhu warna yang dihasilkan lampu LED B 9 watt, tampak warna lampu tersebut adalah sedang. Sementara LED lainnya, dikelompokkan dalam tampak warna dingin. LHE menghasilkan warna cahaya rata – rata sebesar 6500° kelvin, kecuali lampu LHE A 8 watt yang menghasilkan warna cahaya sebesar 4000° kelvin. Tampak bahwa, warna cahaya LHE berdasarkan standar yang digunakan, adalah sedang. Lampu pijar memiliki suhu warna paling rendah dibanding LHE dan LED. Besar suhu warna lampu pijar adalah 2700° kelvin. Hal ini menunjukkan bahwa, tampak warna lampu pijar adalah hangat.

Dari pengujian warna cahaya lampu terlihat bahwa, lampu LED A merupakan lampu paling baik dibanding lampu pijar, LHE dan LED lainnya, karena dengan suhu warna yang dihasilkan sebesar 7000° kelvin, dapat membuat tampak warna dingin, sehingga terlihat nyaman untuk dipandang oleh mata manusia dalam suatu ruangan.

### 3. Hasil Pengukuran THD Arus

Gambar 8 memperlihatkan hasil pengukuran THD arus pada tiap lampu.



**Gambar 8. Hasil pengukuran THD arus tiap lampu**

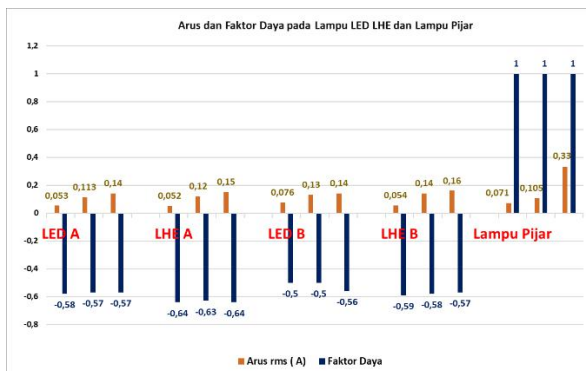
Hasil pengukuran menunjukkan bahwa, LED dan LHE menghasilkan THD arus yang tinggi sekitar 70 – 86 %. LED B merupakan lampu dengan THD arus yang paling tinggi dibandingkan dengan LED A yaitu lebih dari 80%. LHE menghasilkan THD arus diantara 68,57 – 77,41%, dan LHE A 8-watt memiliki THD arus paling rendah sebesar 69,69 %. Sementara lampu pijar, tidak menghasilkan THD arus. Hasil pengukuran menunjukkan, THD arus yang dihasilkan LHE dan LED sangat tinggi. Hal ini tidak memenuhi standar distorsi harmonisa yaitu IEEE 519-2014 dimana batas yang digunakan dibawah 5%.

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh bahwa LHE lebih baik dibanding LED karena menghasilkan THD arus yang lebih kecil.

### 4. Hasil Pengukuran Faktor Daya



Gambar 9 memperlihatkan grafik dari hasil pengukuran faktor daya lampu LED, LHE dan lampu pijar.



**Gambar 9.** Hasil pengukuran faktor daya

Faktor daya paling tinggi diperoleh pada lampu pijar sebesar satu. Hal ini disebabkan oleh karena lampu pijar tidak menggunakan rangkaian elektronika daya sedangkan, hasil pengukuran faktor daya pada LHE dan LED sekitar 0,5 sampai 0,6.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis terhadap hasil pengukuran, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Jika dilihat dari besar daya dan tingkat fluks cahaya yang dihasilkan LHE dan LED, maka LED lebih baik karena dengan daya yang sama, LED memiliki tingkat fluks cahaya dua kali lipat dari LHE.
2. Jika dilihat dari suhu warna, maka LED A 8 watt lebih baik, karena memiliki nilai perbandingan paling tinggi sebesar 875 °K/W.

3. Jika dilihat dari THD arus yang dihasilkan LED dan LHE, maka LHE lebih baik dibandingkan dengan LED, karena THD arus yang dihasilkan LHE, lebih kecil sebesar 4% - 7,3% dari THD arus yang dihasilkan LED.
4. Lampu LED dan LHE menghasilkan faktor daya sebesar 0,5 – 0,6.

#### REFERENSI

- Presiden Republik Indonesia, (2005), Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2005 Tentang Penghematan Energi, Republik Indonesia.
- Parera, L. M., Tupan, H. K., & Puturu, V. (2018). Analisis Pengaruh Fluks Penerangan Pada Laboratorium Dan Bengkel Jurusan Teknik Elektro. *Jurnal Simetrik*, 8(1), 60–67.
- Stevanus, D. Y. (2012), Peluang Pemanfaatan Lampu LED Sebagai Lampu Penerangan Yang Hemat Energi. 1–148. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- SNI 03-6575-2001, Standar Perancangan Sistem Pencahayaan buatan. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- IEEE Std 159™- 2014, *Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*.
- Derlofske, John Van. (2000). *Illumination Fundamentals*, Optical Research Associates, California.
- Tipler, P. A., (2005), *Fisika Untuk Sains dan Teknik Edisi ketiga Jilid 2*, Erlangga.
- Rambing, Roy. (2015). Simulasi perbaikan kualitas daya listrik yang terpengaruh harmonisa akibat Lampu Hemat Energi menggunakan Filter Pasif Paralel.
- Saputro, J. H., & Sukmadi, T. (2013). Analisa Penggunaan Lampu Led Pada Penerangan Dalam Rumah. *Transmisi*, ejournal.undip.ac.id, 15(1), 19–27.
- Baggini, Angelo, (2008), *Handbook of Power Quality*, Jhon Wiley & Sons, Ltd., England.