

## ANALISIS HARMONIK LAMPU PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS LED DENGAN TEGANGAN BERVARIASI DAN DAYA KONSTAN

Handoko Rusiana Iskandar<sup>1</sup>, Nana Heryana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Jenderal Achmad Yani.

<sup>2</sup>Laboratorium Penelitian Konversi Energi Elektrik, Institut Teknologi Bandung.  
[handoko.rusiana@yahoo.com](mailto:handoko.rusiana@yahoo.com)

### ABSTRAK

Penggunaan lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis LED yang hemat energi dan mempunyai efisiensi tinggi merupakan solusi alternatif untuk mendukung program konservasi energi. Berbeda dengan lampu PJU konvensional, lampu PJU LED membutuhkan Catu Daya arus searah atau *rectifier*. Beberapa Penelitian dan analisis menunjukkan bahwa arus masukan penyearah akan menghasilkan gangguan harmonik pada sisi jaringan distribusi listriknya. Seberapa besar harmonik dalam sistem jaringan distribusi listrik umumnya dinyatakan dalam *Total Harmonic Distortion* (THD), semakin besar THD maka semakin buruk kualitas daya yang diakibatkan oleh lampu PJU LED tersebut. Dalam makalah ini dipaparkan analisis harmonik lampu PJU berbasis LED dengan tegangan bervariasi dan daya konstan. Hasil pengujian di Laboratorium menunjukkan pada lampu PJU LED dengan *rectifier* tanpa kendali daya konstan, variasi tegangan akan menyebabkan perubahan daya dan THD Lampu PJU LED, sedangkan dengan kendali daya konstan, variasi tegangan tidak akan mempengaruhi daya dan THD Lampu PJU LED. Dengan mempertimbangkan hasil pengujian yang sesungguhnya di laboratorium, maka penggunaan Lampu PJU berbasis LED dengan daya konstan diusulkan untuk digunakan dalam sistem PJU di Indonesia.

**Kata kunci** : Harmonik, lampu LED, penerangan jalan umum.



## I. PENDAHULUAN

Krisis energi semakin lama menjadi isu yang tidak bisa kita hindari saat ini, mulai penggunaan energi baru dan konservasi energi, penggunaan mobil listrik, meningkatkan kapasitas baterai, dan menyemarakkan penggunaan lampu *Light Emitting Diode* (LED) baik dalam transportasi, rumah, perkantoran sampai penggunaan LED pada penerangan jalan umum. Menurut literatur penggunaan konsumsi penerangan jalan raya mencapai 20% di seluruh dunia (Uddin, Shareef, Mohamed, & Hannan, 2012). Penggunaan lampu LED untuk penerangan jalan umum, merupakan salah satu solusi dari berbagai kemajuan dan inovasi teknologi (Meneses, 2016). Ditinjau dari segi keuntungan lampu LED memiliki efisiensi daya yang cukup tinggi serta tahan lama dibandingkan dengan jenis lampu yang lain (Huang, Tang, & Wu, 2006).

Terdapat beberapa tipe dan jenis konsekuensi gangguan listrik yang perlu diperhatikan diantaranya kualitas daya dan harmonik. Lebih jauh lagi, aplikasi beban nonlinear perangkat digital dan elektronika pada industri dan sistem tenaga komersil dapat mengakibatkan masalah kualitas daya yang dikirimkan ke sebuah site. Beban nonlinear didefinisikan sebagai beban yang menyerap gelombang arus nonsinusoidal ketika disuplai dengan sumber tegangan sinusoidal. Semua peralatan yang beroperasi dengan prinsip induksi ferromagnetik seperti ballast penerangan, magnet pengangkat, solenoida, motor, dan lain - lain menghasilkan harmonik. Contohnya, onverter daya seperti penyearah yang menyerap arus hanya pada sebuah porsi dari tiap siklus. Peralatan lain, misalnya alat yang merubah impedansi dengan aplikasi tegangan, juga menghasilkan harmonik. Termasuk diantaranya transformator dan penerangan discharge gas misal *fluorescent*, *mercury arc*, dan lampu sodium bertekanan tinggi (Gill, 2008).

Beberapa penelitian telah dilakukan yang berkaitan dengan analisa harmonik pada lampu LED dan beberapa metoda juga sudah digunakan untuk mendeteksi adanya aktivitas harmonik ini. Makalah ini menyajikan beberapa pengujian dan analisa harmonik daya pada lampu LED penerangan jalan umum (PJU) dengan berbagai variasi daya dan dilakukan sesuai standar yang berlaku. Untuk metode pengujian akan dibahas dalam sesi II dan pembahasan dalam sesi III.

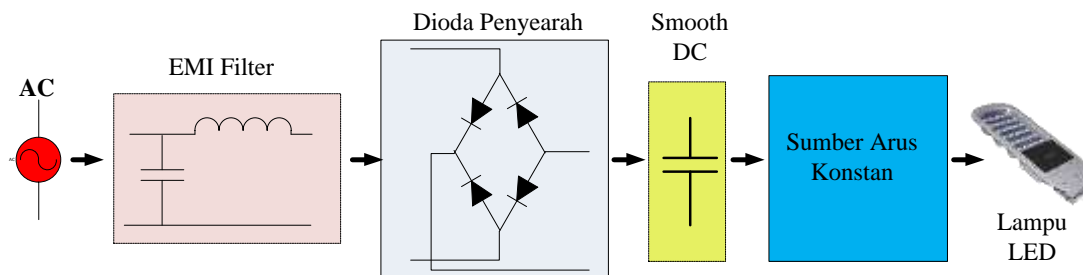


## II. METODE PENELITIAN

*Standar Internasional Electrotechnical Commission (IEC)* menyebutkan beberapa prinsip kondisi operasi lampu LED harus dimiliki dan sesuai dengan standar IEC 61000 dalam sesi 2 dan 3, hal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut.

### A. Prinsip operasi lampu LED

Prinsip operasi lampu LED memerlukan sumber arus konstan dari Sumber tegangan DC, tapi juga harus beroperasi dari sumber AC. Oleh karena itu, perlu menggunakan konverter untuk mengatur tegangan dan kontrol arus (A. A. M. de Oliveira, T. B. Marchesan, 2007), seperti yang ditunjukkan dalam gambar 1. Beberapa hal juga diatur dalam standar termasuk tegangan masukan sumber arus bolak-balik, yang pada umumnya memiliki tegangan 220 - 240 V AC dengan frekuensi 50 Hz atau 60 Hz, penapis atau EMI *filter* berfungsi untuk memblokir *switching noise* dari rangkaian, penyearah dengan *smoothing capacitor*, konverter PWM arus konstan yang dikontrol untuk mengkonversi sumber arus searah keluaran dioda ke sumber arus searah murni, dan terakhir sebuah beban lampu LED, dalam hal ini penyearah harmonik dirangkaian ballast elektronik tidak terlalu kuat (H. Shared: A. Mohamed and N. Marzuki, 2009).



Gambar 1. Diagram blok lampu LED ballast elektronik

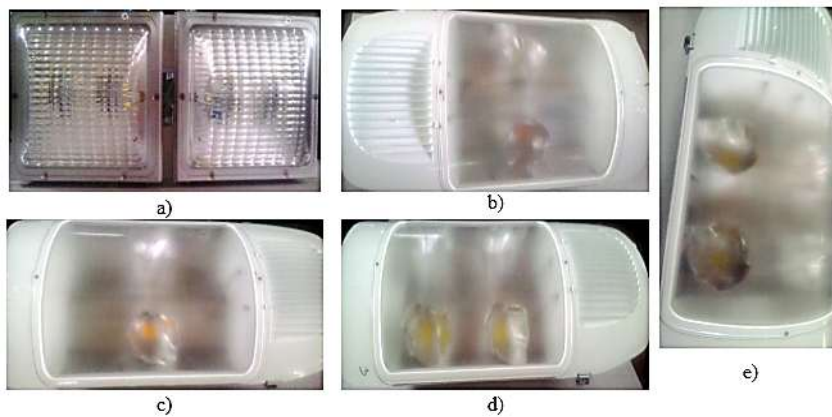
### B. Batasan Harmonik untuk Lampu LED

Sama halnya seperti perangkat elektronik lain, lampu LED juga haruslah sesuai dengan perangkat produk sejenis. Sesuai dengan standar IEC 61000-3-2, standar ini mengatur batas arus input kurang dari atau sama dengan 16A per fasa (IEEE, 1993). Tetapi standar ini hanya mengatur emisi harmonik lampu LED dengan besar daya kurang dari atau sama dengan 25W salah satunya harus memiliki kriteria harmonik ke tiga tidak melebihi 86% dan harmonik ke lima tidak melebihi 61%, atau dengan harmonik total terdistorsi (*Total Harmonic Distortion*) sebesar 105%. Untuk mendapatkan analisa karakteristik dari lampu

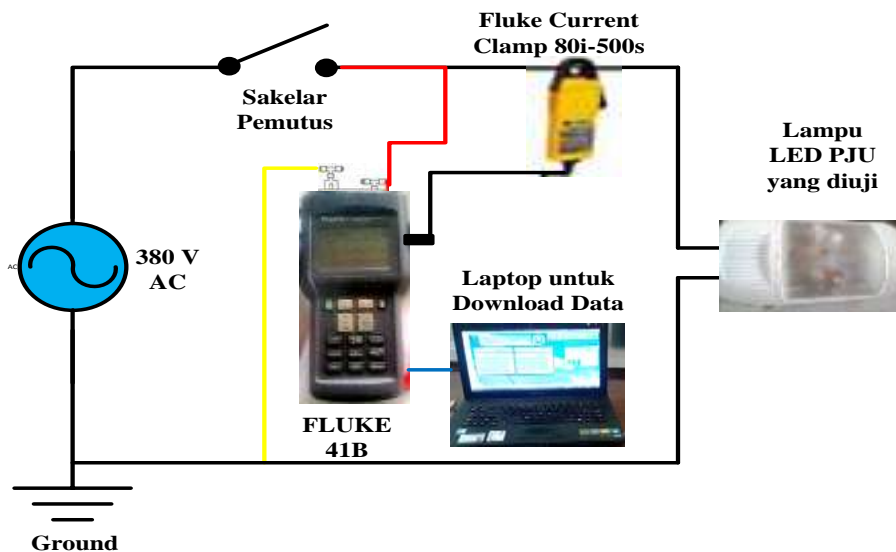
LED ini, pengujian telah dilakukan dengan mengambil 5 sampel lampu LED PJU dengan rating tegangan masukan 380 V AC dan rating daya keluaran bervariasi mulai 50 Watt, 60 Watt dan 120 Watt. Data teknis lampu LED yang diuji ditunjukkan pada tabel 1 dan gambar lampu LED PJU dalam gambar 2 di bawah ini.

Tabel 1. Data Teknis Lampu LED PJU yang diuji

No.	Jenis Lampu	Daya	Warna
1.	LED PJU	30 Watt	Putih
2.	LED PJU	60 Watt	Kuning
3.	LED PJU	60 Watt	Putih
4.	LED PJU	120 Watt	Putih
5.	LED PJU	120 Watt	Kuning



Gambar 2. Lampu LED PJU; a) 30 Watt Putih, b) 60 Watt Kuning, c) 60 Watt Putih, d) 120 Watt Putih, e) 120 Watt Kuning



Gambar 3. Diagram Skematik Pengujian Lampu LED PJU

Untuk memperoleh data yang akurat terutama arus harmonik yang terdapat pada lampu LED, dan rangkaian pengujian eksperimental ditunjukkan oleh gambar 3. Beberapa komponen pengujian antara lain Fluke 41B *power quality analyzer*, Fluke *current clamp* meter, Lampu LED PJU yang diuji, sakelar pemutus rangkaian dan komputer untuk menganalisa hasil pengujian yang telah dilakukan. Masing – masing lampu berada di posisi hidup untuk memastikan kestabilan selama pengukuran dilakukan.

Lampu telah diuji selama beberapa waktu untuk meminimalkan penyimpangan selama proses pengukuran, hal ini dibutuhkan untuk meyakinkan hasil yang diperoleh selama pengujian. Setelah semua pengukuran dan hasil data didapatkan kemudian secara berkelanjutan pengujian karakteristik harmonik dilanjutkan ke lampu LED yang akan diuji selanjutnya. Pengambilan gelombang arus diperoleh menggunakan Fluke 41B. Spesifikasi dari Fluke 41B (Fluke, 1995), lebih lengkapnya spesifikasi Fluke 41B dapat dilihat dalam tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Akurasi Pengukuran Fluke 41B

No.	Akurasi Pengukuran Fluke 41B	
1.	Tegangan	Rentang dan resolusi : 5 V – 600 Vrms (AC + DC), $\pm 5$ V – 933 V peak Akurasi : rms, $\pm (0.5\% + 3 \text{ digits}) + \text{probe specs}$ ; peak or DC; $\pm (2\% + 4 \text{ digits}) + \text{probe specs}$
2.	Arus (1mV/A) <i>isolated input</i>	Rentang dan resolusi : 1.00A – 1000A rms (AC + DC); $\pm$

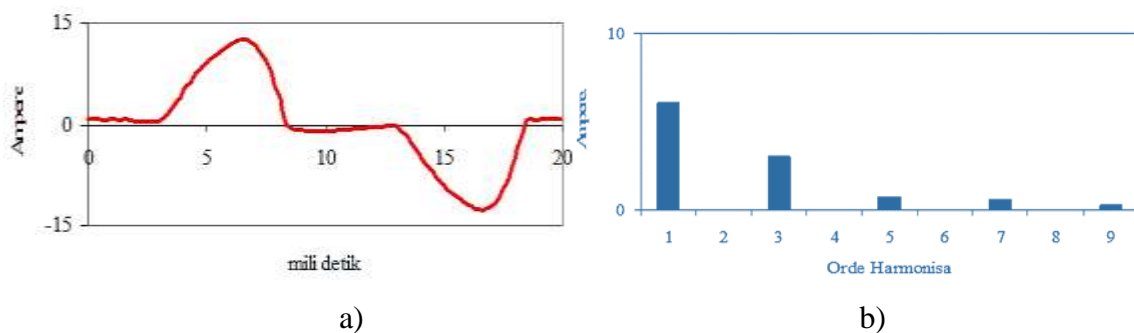
		1.0A - $\pm$ 2000A peak. Akurasi : rms, $\pm$ (0.5% + 3 digits) + probe specs; peak or DC; $\pm$ (2% + 4 digits) + probe specs
3.	Watt/Volt-amps (1mV/A) <i>isolated input</i>	Rentang dan resolusi : rata – rata 0.0W (VA) – 600 kW (kVA). Akurasi : AC + DC $\pm$ (1% + 4 digits) + probe specs
4.	Harmonik	Volt : fundamental ke 13 $\pm$ (2% + 2 digits); Ampere/watt : fundamental ke 13 $\pm$ (2% + 3 digits);

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam sesi ini, pengukuran dari berbagai lampu LED PJU dengan daya dan warna seperti rangkaian pengujian yang ditunjukkan oleh gambar 4.

#### A. Arus Harmonik

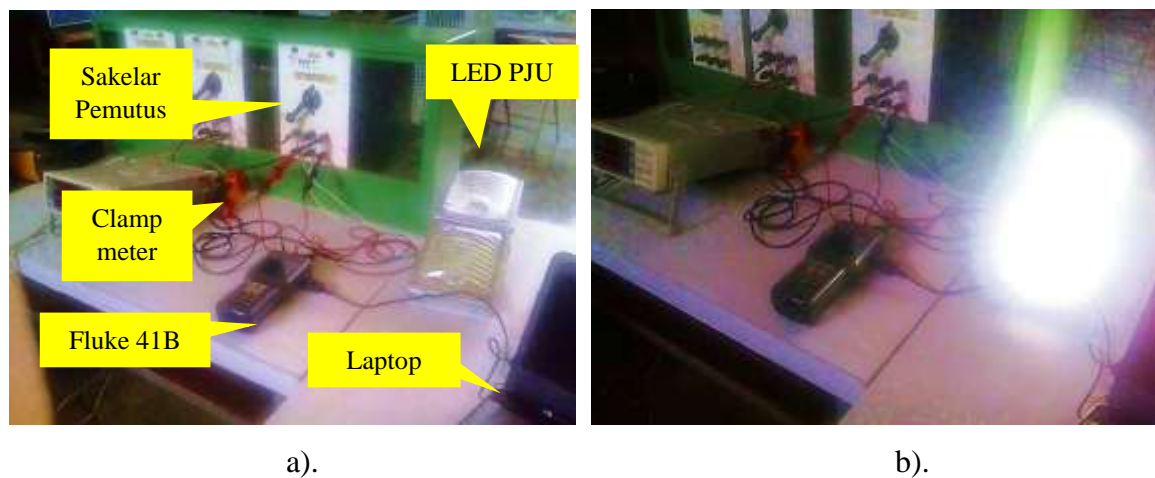
Harmonik didefinisikan sebagai komponen sinusoidal dari suatu gelombang periodik yang mempunyai frekuensi yang merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi dasar (IEEE, 1993). Arus harmonik menghasilkan nilai *root-mean-square* (rms) dari distorsi sebagai persentase gelombang 50 Hz. Arus Harmonisa orde-ganjil merupakan tambahan pada *common neutral* dari sistem satu fasa, arus harmonisa orde genap saling menghilangkan hingga nol. Harmonisa orde ganjil lainnya 3,5,7,11 dan seterusnya bersifat menambahkan, meskipun tidak sepenuhnya karena walaupun sama tapi tidak dalam fasa. Gambar 5 mengilustrasikan arus harmonik untuk beban non-linear.



Gambar 5. Ilustrasi beban non-linear; a) arus, b) bentuk harmonik untuk

Gelombang arus lampu LED yang dihasilkan selama pengujian memberikan spektrum frekuensi direpresentasikan oleh komponen sinyal sinusoidal fundamentalnya dan

komponen harmonik paling tinggi dalam rentang frekuensi memiliki kelipatan integer dari frekuensi fundamentalnya. Akar dari masing – masing amplituda harmonik memberikan THD dan presentasi dari frekuensi fundamentalnya. Komponen harmonik didalam arus ini juga memiliki efek dramatis pada PF di beban. Meskipun komponen 50 Hz dari arus fundamentalnya sefasa dengan tegangan, komponen harmonik mereduksi faktor daya atau PF (*Power Factor*) nyata dan secara tidak langsung mereduksi daya nyata yang tersedia. Hasil pengukuran dilaboratorium dicatat dalam tabel 3 dan grafik harmonik hasil pengujian arus harmonik terdapat gambar 6 - 10.

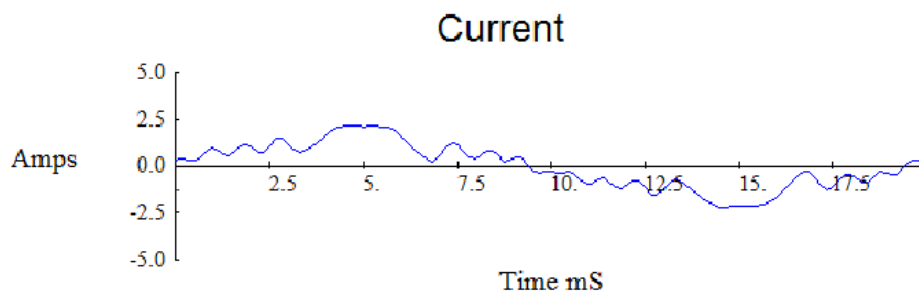


Gambar 4. Rangkaian pengujian lampu LED PDU, a) kondisi *off*; b) kondisi *on*

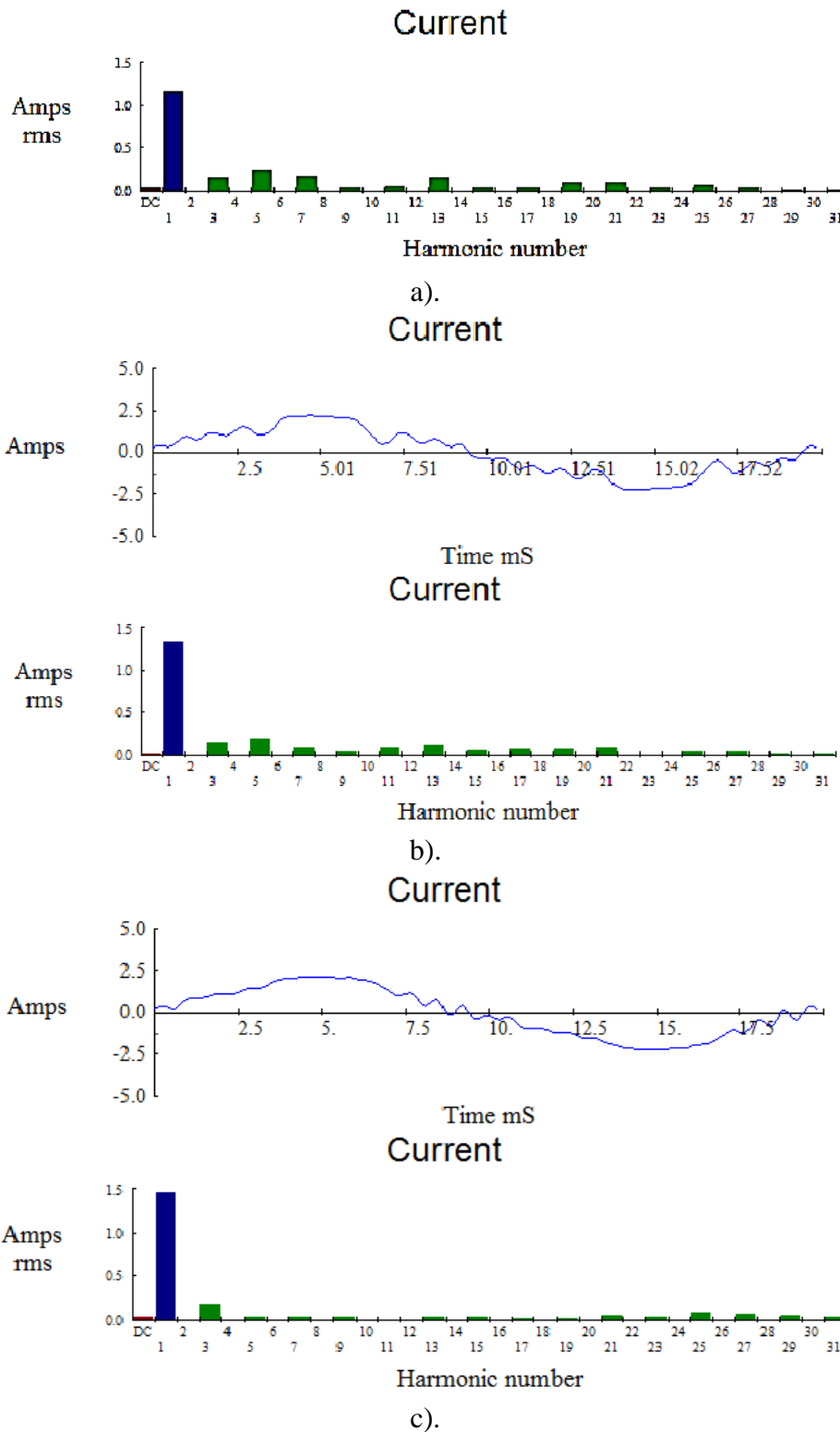
Tabel 3. Hasil pengukuran lampu

LED Putih 30Watt							
No.	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (W)	PF	THD (rms)		Sudut Fasa
					V (%)	I (%)	
1.	200.64	121.30	22.84	0.938	2.6	32.6	9 <sup>0</sup> Lead
2.	210.23	135.07	27.48	0.968	2.6	24	8 <sup>0</sup> Lead
3.	220.03	148.71	32.21	0.985	2.5	11	8 <sup>0</sup> Lead
LED Kuning 60Watt							
No.	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (W)	PF	THD (rms)		Sudut Fasa
					V (%)	I (%)	
1.	200.46	324.58	63.42	0.965	2.6	16.4	13 <sup>0</sup> Lead
2.	210.09	309.40	63.16	0.972	2.6	17.1	8 <sup>0</sup> Lead

3.	220.39	297.26	63.34	0.967	2.7	17.9	15 <sup>0</sup> Lead
<b>LED Putih 60Watt</b>							
No.	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (W)	PF	THD (rms)		Sudut Fasa
					V (%)	I (%)	
1.	200	297.2	64.12	0.975	2.5	17.2	13 <sup>0</sup> Lead
2.	210.14	316	64.56	0.972	2.6	17.6	13 <sup>0</sup> Lead
3.	220.09	300.9	64.09	0.968	2.7	18	15 <sup>0</sup> Lead
<b>LED Putih 120Watt</b>							
No.	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (W)	PF	THD (rms)		Sudut Fasa
					V (%)	I (%)	
1.	200.03	649.8	126.61	0.974	2.6	17.1	12 <sup>0</sup> Lead
2.	210.14	615.2	125.48	0.971	2.5	17.8	13 <sup>0</sup> Lead
3.	220.39	586.4	124.97	0.967	2.5	18.6	13 <sup>0</sup> Lead
<b>LED Kuning 120Watt</b>							
No.	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (W)	PF	THD (rms)		Sudut Fasa
					V (%)	I (%)	
1.	201.3	851.9	166.22	0.972	3.2	16.7	12 <sup>0</sup> Lead
2.	210.3	812.8	165.47	0.968	3.2	17.4	13 <sup>0</sup> Lead
3.	220.0	744.6	165.27	0.963	3.2	18.9	13 <sup>0</sup> Lead

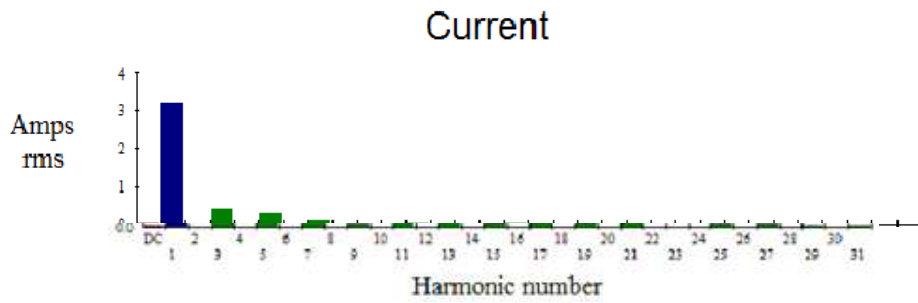
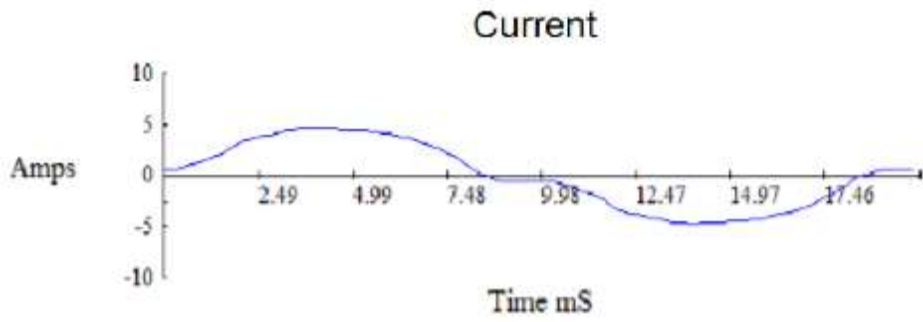




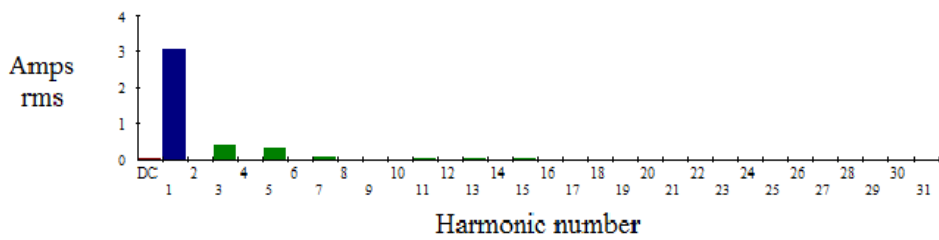
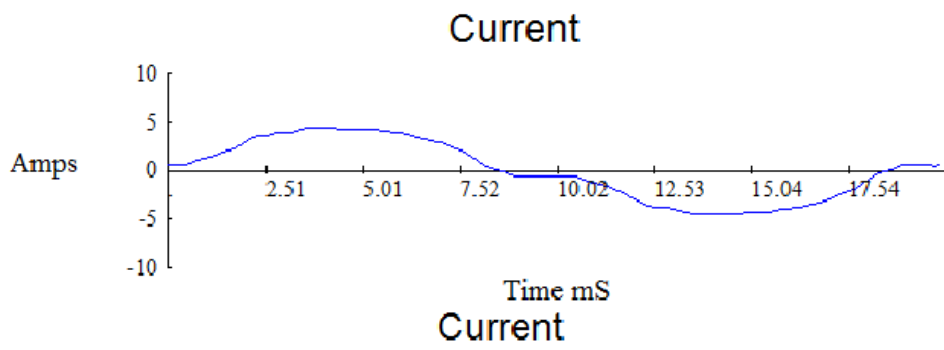


Gambar 6. Bentuk arus dan harmonik LED PDU 30 W putih, a) Vin 200.64V; b) Vin 210.23V; c) Vin 220.03V.

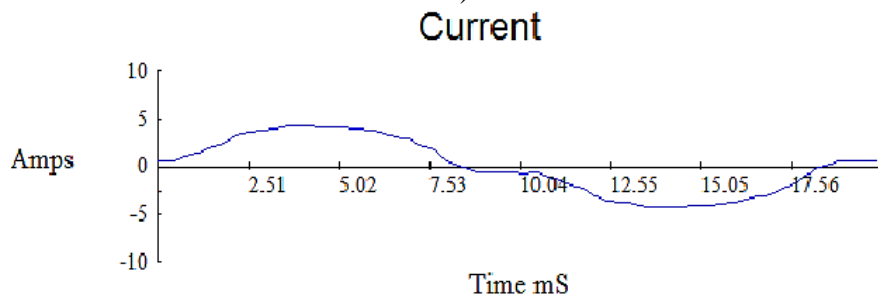




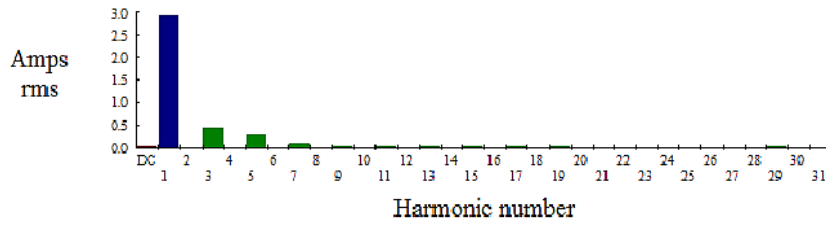
a)



b).



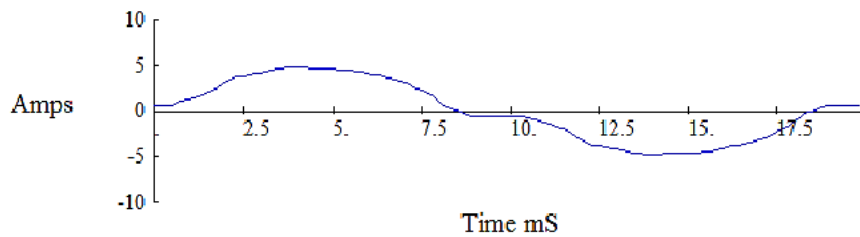
Current



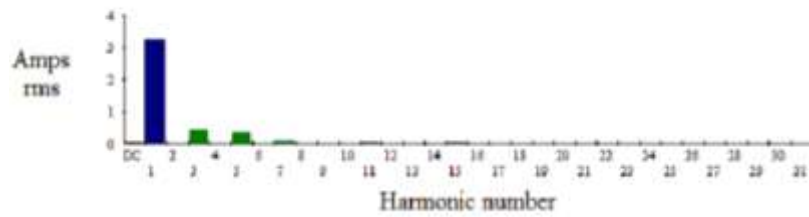
c).

Gambar 7. Bentuk arus dan harmonik LED PJU 60 W kuning a) Vin 200.46V;  
 b) Vin 210.09V; c) Vin 220.39V.

Current

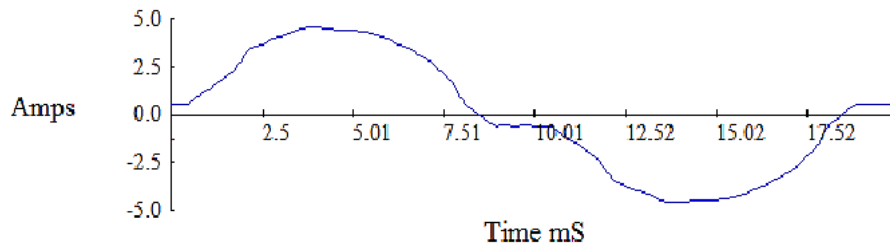


Current

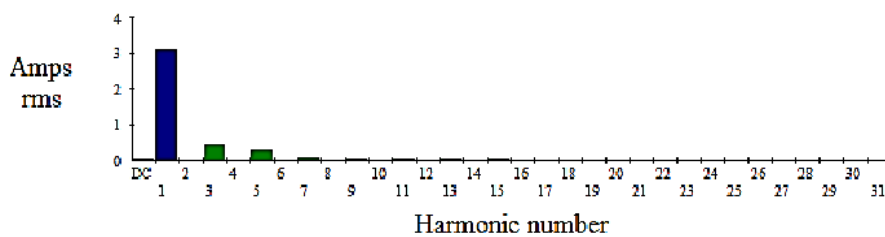


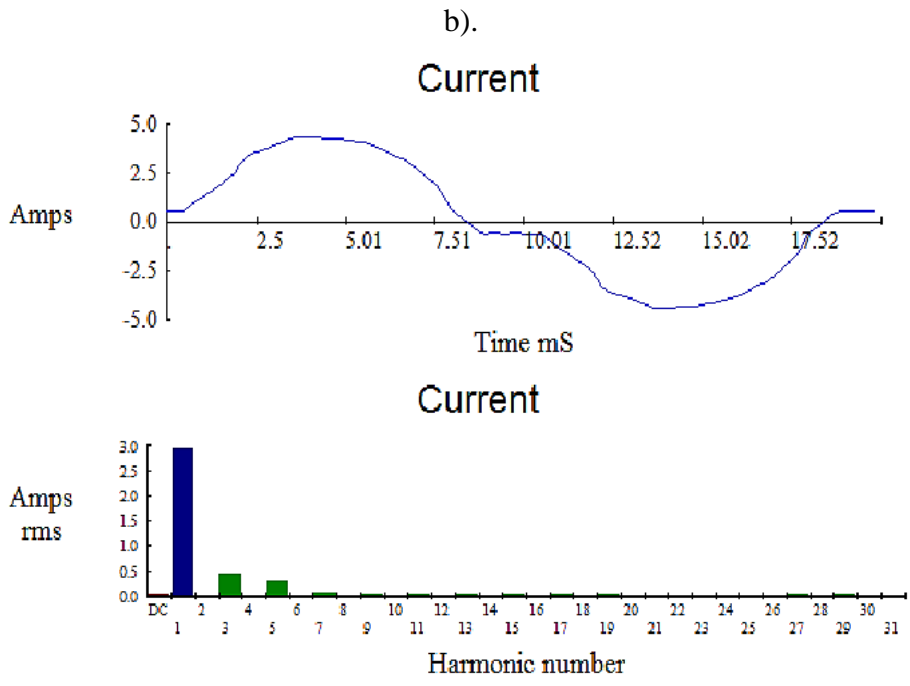
a).

Current



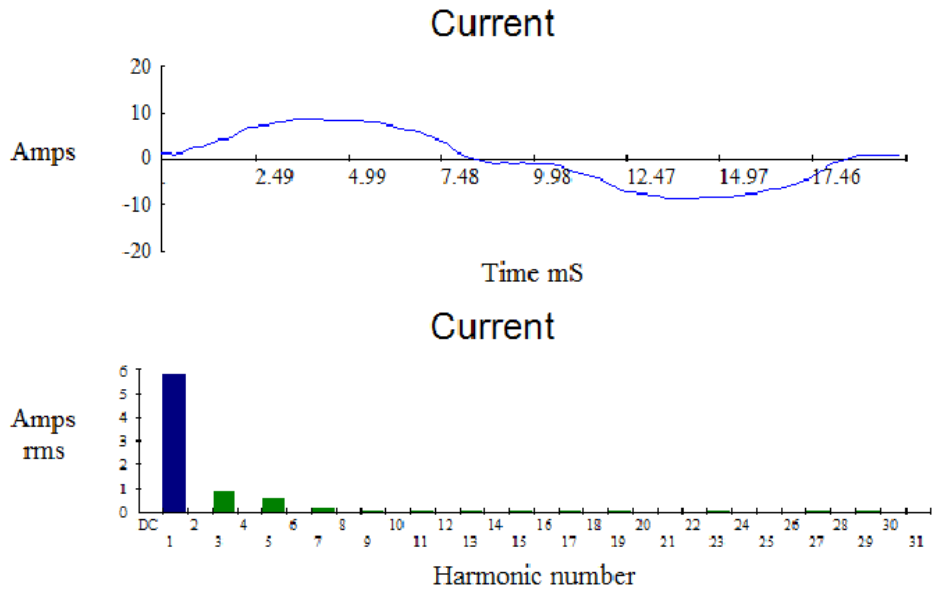
Current





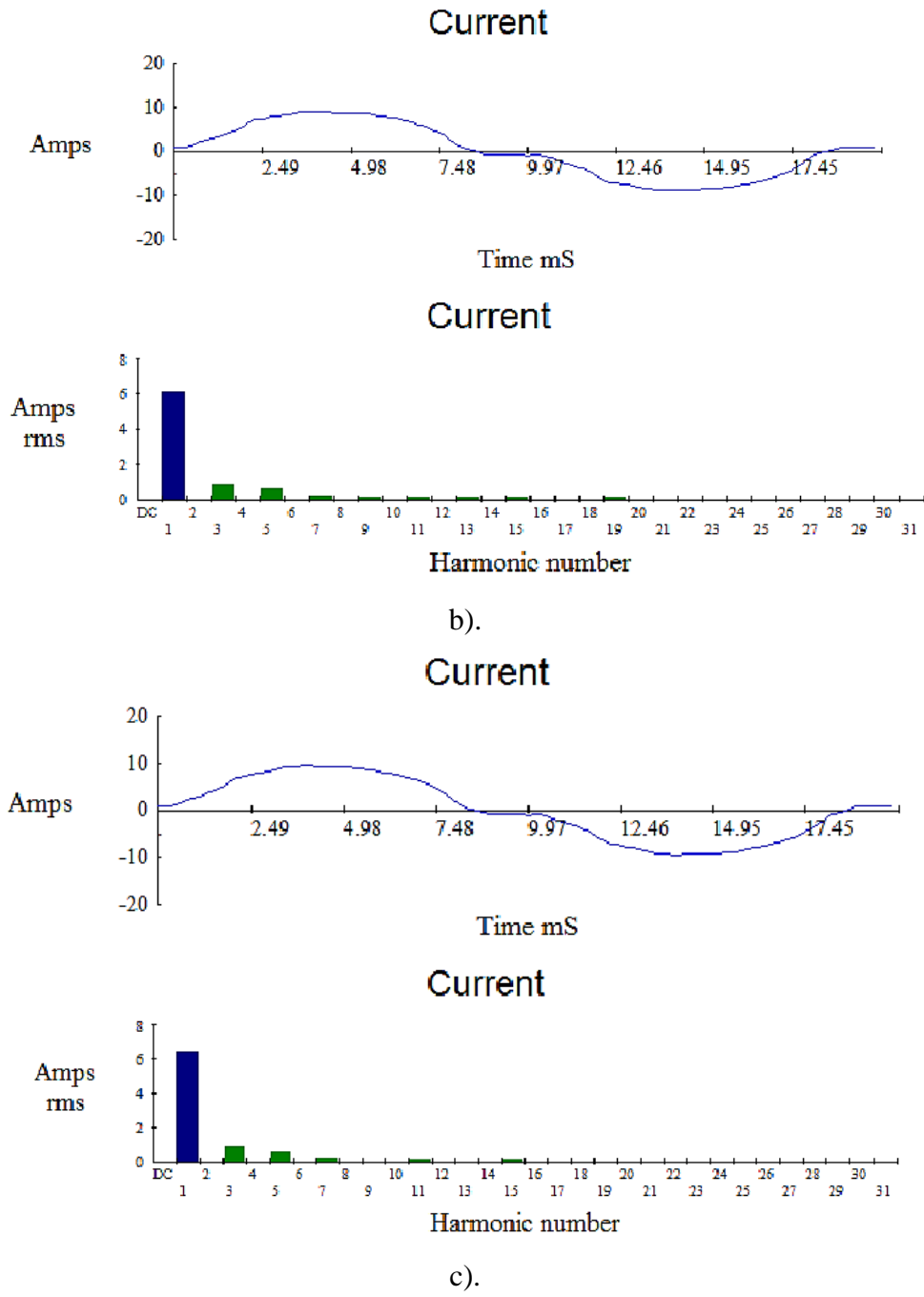
c).

Gambar 8. Bentuk arus dan harmonik LED PJU 60 W putih, a)  $V_{in}$  200V; b)  $V_{in}$  210.14V; c)  $V_{in}$  220.09V.

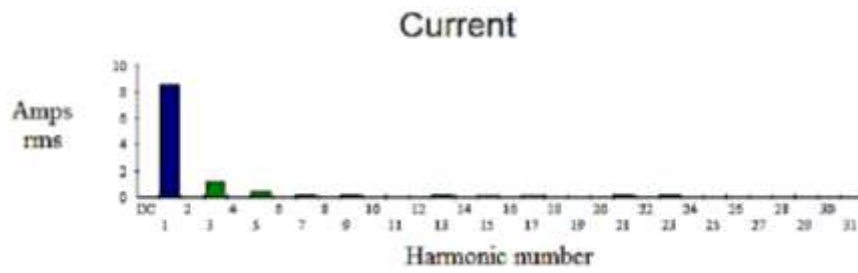
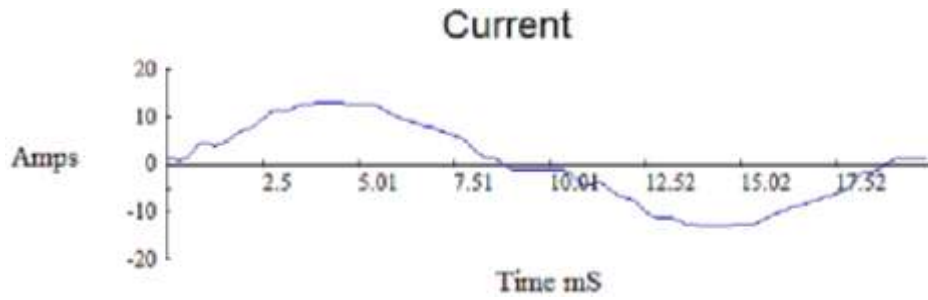


a).

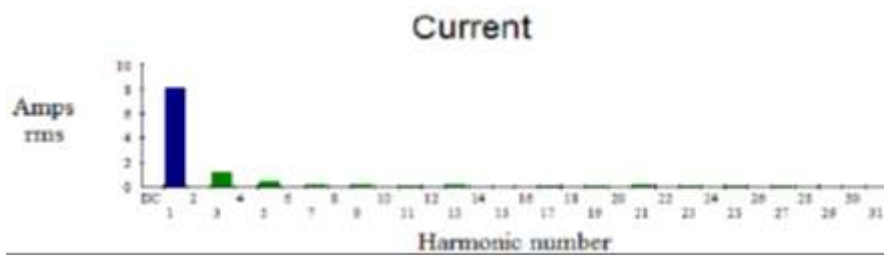
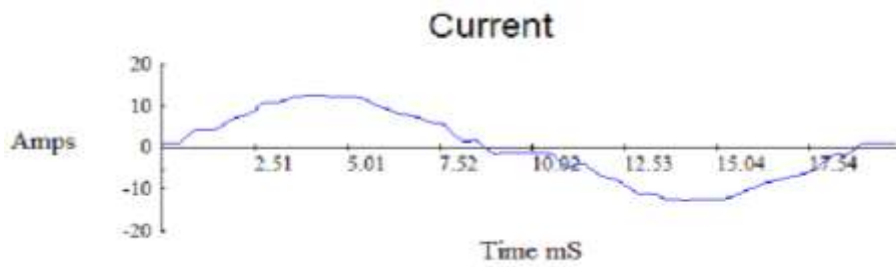




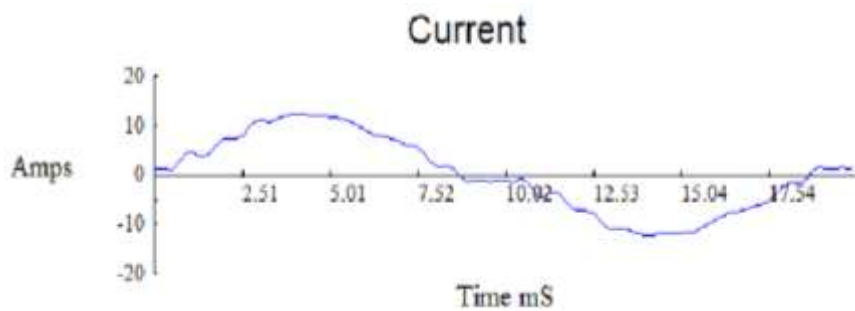
Gambar 9. Bentuk harmonik LED PJU 120 W putih a)  $V_{in} 200.03V$ ; b)  $V_{in} 210.14V$ ; c)  $V_{in} 220.39V$ .

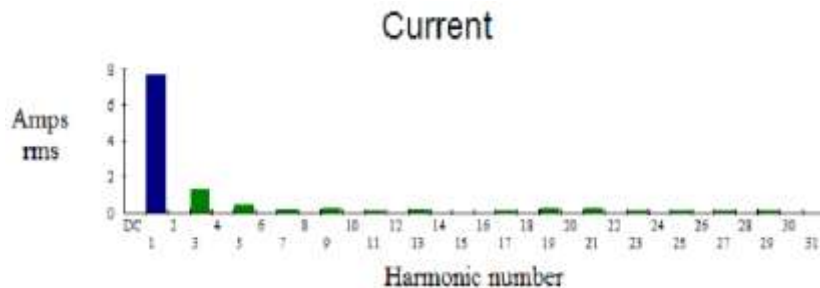


a).



b).





c).

Gambar 9. Bentuk harmonik LED PJU 120 W kuning a) Vin 200.03V; b) Vin 210.36V; c) Vin 220V

### B. Total Harmonic Distortion (THD)

Total harmonic distortion (THD) menunjukkan seberapa besar kontribusi harmonisa terhadap distorsi gelombang. THD menggambarkan kualitas daya dari suatu sistem transmisi dan distribusi (Chattopadhyay, Mitra, & Sengupta, 2011). Besarnya THD untuk arus dan tegangan dapat dilihat dalam persamaan sebagai berikut.

$$THD_v = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots + V_k^2}}{V_1} \quad (1)$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots + I_k^2}}{I_1} \quad (2)$$

Total harmonic distortion (THD) didefinisikan sebagai rasio besaran rms dari total arus harmonik dan nilai rms dari arus fundamental. Tabel 3 diatas membandingkan lampu berdasarkan besar watt berbeda juga diberikan tegangan yang berbeda untuk melihat besar harmonik yang terdistorsi, dari tiga kali percobaan dengan tegangan yang berbeda dilakukan pada masing – masing lampu, persentase arus harmonik THD terbesar ditunjukkan oleh lampu LED pertama 30W putih sebesar 32.6 % walaupun rating tegangan yang diberikan paling kecil, hal ini dimungkinkan bahwa rangkaian *rectifier* dalam LED 30W tanpa kendali konstan, sedangkan untuk lampu 60W kuning memiliki arus THD 16.4 – 17.9 %, lampu 60W putih menghasilkan arus THD 17.2 – 18 %, lampu 120W putih menghasilkan arus THD 17.1 – 18.6%, dan terakhir untuk lampu 60W kuning 16.7 – 18.9% hampir semua memiliki *rectifier* dengan kendali konstan.

#### IV. KESIMPULAN

Suatu analisis harmonik pada lampu penerangan jalan umum berbasis LED telah dilakukan. Hasil analisis menunjukkan lampu PJU LED dengan *rectifier* tanpa kendali daya konstan, variasi tegangan akan menyebabkan perubahan daya dan THD Lampu PJU LED, sedangkan dengan kendali daya konstan, variasi tegangan tidak akan mempengaruhi daya dan THD Lampu PJU LED.

#### DAFTAR PUSTAKA

- A. A. M. de Oliveira, T. B. Marchesan, A. C. and R. N. do P. (2007). Distributed Emergency Lighting System LEDs Driven by Two Integrated Flyback Converters. In *42 nd Annual Industry Applications Conference (IAS'07)* (pp. 1141–1146).
- Chattopadhyay, S., Mitra, M., & Sengupta, S. (2011). *Electric Power Quality*. Springer Netherlands. Retrieved from <https://books.google.co.id/books?id=Ip0kfBI2ELcC>
- Fluke. (1995). *Fluke 39/41B Power Harmonics Tester user manual*.
- Gill, P. (2008). *Electrical Power Equipment Maintenance and Testing*. (L. H. Willis, Ed.) (Second Edi). North Carolina: Taylor and Francis Group, LLC. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- H. Shared: A. Mohamed and N. Marzuki. (2009). Analysis of Ride Through Capability Of Low-Wattage Fluorescent Lamps During Voltage Sags. In *International Review of Electrical Engineering* (Vol. 4, pp. 1093–1101).
- Huang, B.-J., Tang, C.-W., & Wu, J.-H. (2006). Study of System Dynamics of High-Power LEDs. In *2006 International Conference on Electronic Materials and Packaging* (pp. 1–6). IEEE. <http://doi.org/10.1109/EMAP.2006.4430673>
- IEEE. (1993). IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems. In *IEEE Std 519-1992* (pp. 1–101). <http://doi.org/10.1109/IEEESTD.2014.6826459>
- Meneses, M. (2016). Energy Efficiency Street Lighting - Citizens Point of View. In *CIREC Workshop* (Vol. 5, pp. 3–6).
- Uddin, S., Shareef, H., Mohamed, A., & Hannan, M. A. (2012). An analysis of harmonics from LED lamps. In *2012 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility* (pp. 837–840). IEEE. <http://doi.org/10.1109/APEMC.2012.6238014>

