

ANALISIS EFISIENSI KONSUMSI DAYA LISTRIK DAN BIAYA OPERASIONAL LAMPU TL-LED TERHADAP LAMPU TL-T8

Henry Candra¹, Endah Setyaningsih², dan Jap Tji Beng³

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, Jakarta
Email: henry.candra@trisakti.ac.id

² Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara, Jakarta
Email: endahs@ft.untar.ac.id

³ Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik Informasi, Universitas Tarumanagara, Jakarta
Email: t.jap@fti.untar.ac.id

ABSTRAK

Lampu TL-LED sebagai lampu penerangan dalam ruang memiliki banyak kelebihan dibanding lampu TL-T8, antara lain dalam hal efisiensi lampu, yang menunjukkan efisiensi lampu TL-LED, akan tetapi seberapa besar efisiensi yang dapat diberikan oleh lampu TL LED lebih sering hanya dinyatakan secara kualitatif. Melalui tulisan ini dipaparkan hasil penelitian dengan membandingkan kinerja dari lampu TL-LED terhadap lampu TL-T8 dengan mengukur dan menganalisis konsumsi daya listrik dan perhitungan perkiraan biaya operasional dari kedua jenis lampu tersebut. Pengukuran juga dilakukan terhadap parameter lainnya meliputi iluminansi dan daya beban listrik terpasang sebagai pendukung analisis. Hasil analisis menunjukkan bahwa lampu TL-LED memiliki efisiensi konsumsi daya terhadap lampu TL-T8 sebesar 33,3%. Sedangkan perhitungan biaya operasional dengan menggunakan tarif dasar listrik dari PLN menunjukkan bahwa lampu TL LED dapat memberikan penghematan biaya sebesar Rp. 204.300,- sampai dengan Rp. 413.100,- untuk setiap 100 kWh konsumsi daya listrik. Analisis lebih lanjut terhadap iluminansi menunjukkan bahwa lampu TL LED memiliki keterbatasan beamwidth sedangkan daya beban lampu TL-T8 lebih besar bila dibanding dengan daya beban yang tertera pada lampu tersebut karena masih ditambah dengan daya beban rangkaian balas. Hasil penelitian ini dapat digunakan bagi pemilik bangunan untuk mengganti penggunaan lampu TL-T8 dengan lampu TL-LED, tanpa perlu mengganti luminernya, kecuali dengan sedikit mengubah sistem pengkabelannya.

Kata kunci: efisiensi, daya listrik, biaya operasional, lampu TL-LED, lampu TL-T8

1. PENDAHULUAN




Program pemerintah dalam rangka pemerataan energi listrik untuk seluruh masyarakat Indonesia adalah mendorong pelaksanaan penghematan energi listrik pada seluruh sektor termasuk pada bangunan gedung. Hal ini mengingat masih ada 25 juta penduduk Indonesia yang belum menikmati energi listrik (EECCHI, 2012). Penggunaan listrik yang paling besar untuk bangunan gedung adalah untuk AC, yaitu mencapai 45% - 70% dan selanjutnya untuk pencahayaan mencapai 10% - 20% (EECCHI, 2012). Untuk itu sangat perlu melakukan penghematan AC, dan juga pada pencahayaan.

Penghematan listrik untuk pencahayaan pada bangunan gedung antara lain dengan menggunakan lampu hemat energi. Beberapa lampu yang tergolong hemat energi yang pertama adalah lampu *fluorescent* yaitu lampu TL (*Tube Lamp*) dan lampu CFL (*Compact Fluorescent Lamp*) yang juga disebut sebagai lampu swabalas, dan yang kedua adalah lampu LED (*Light Emitting Diode*) (Halonen, 2010). Lampu yang juga termasuk lampu hemat energi adalah lampu induksi (*Electrodeless induction lamp*). Lampu yang paling hemat adalah jenis lampu LED, lampu induksi dan lampu TL tipe T5. Ketiga lampu ini mempunyai efikasi yang tinggi (lumen/watt), namun untuk umur, lampu LED dan lampu induksi masih lebih lama daripada lampu TL-T5. Saat ini lampu TL tipe T8 merupakan lampu yang paling banyak dipakai di perkantoran, rumah-rumah, pabrik, gudang, mal, maupun sekolah, karena lampu TL-T8 lebih hemat energi dibandingkan dengan lampu pijar. Sebagai contoh, sebuah lampu TL-T8 32Watt akan

menghasilkan cahaya sebesar 1700 lumen pada jarak 1 (satu) meter sedangkan lampu pijar 75Watt menghasilkan 1200 lumen. Dengan kata lain perbandingan efikasi lampu TL-T8 dan lampu pijar adalah 53:16. Efikasi ini didefinisikan sebagai intensitas cahaya yang dihasilkan dibagi dengan daya listrik yang digunakan.

Lampu LED merupakan terobosan baru untuk teknologi lampu hemat energi. Lampu LED dapat menggantikan lampu TL untuk pencahayaan di dalam ruangan. Lampu LED merupakan dioda semikonduktor yang memancarkan cahaya bila dialiri arus listrik. Lampu LED mempunyai usia hidup terpanjang hingga 100.000 jam bila dibandingkan dengan lampu-lampu lainnya (Boylestad, 2008). Selain itu, lampu LED dengan daya 9,6Watt dapat menghasilkan cahaya setara lampu TL 13.6Watt. Pemakaian lampu LED telah menyebar di perkotaan dan di daerah-daerah untuk pencahayaan di luar ruang (*outdoor*) seperti pencahayaan jalan umum, taman, jembatan dan tempat rekreasi dan juga untuk pencahayaan dalam ruang (*indoor*), yaitu pada pertokoan, perkantoran, perumahan, dan juga pencahayaan pada sarana transportasi seperti kereta api dan pesawat terbang (Pimputkar, 2009). Bentuk lampu LED dapat mengikuti semua bentuk lampu non LED (lampu konvensional). Demikian juga rumah lampu (*armature/luminer*) lampu LED juga dapat mengikuti semua rumah lampu konvensional, sebagai contoh adalah lampu TL, saat ini sudah ada lampu TL-LED (Munzinger, 2012). Meskipun lampu LED mampu menghemat energi dan memiliki usia pemakaian yang sangat panjang, akan tetapi banyak perusahaan/instansi yang masih menggunakan lampu TL-T8 karena lampu TL-T8 memiliki biaya awal yang lebih rendah dibandingkan lampu TL LED, dengan biaya awal untuk pemasangan lampu LED adalah sebesar tiga kali biaya pemasangan lampu TL-T8. Selain itu harga lampu LED adalah sebesar dua puluh empat kali harga lampu TL-T8 (Khan, 2011).

Tabel 1. Perkembangan Teknologi Lampu

			
<i>Output Cahaya (Lumen)</i>	<i>Lampu Pijar (Watt)</i>	<i>Lampu Swabalas (Watt)</i>	<i>Lampu LED (Watt)</i>
450	40	9 – 13	4 – 5
800	60	13 – 15	6 – 8
1100	75	18 – 25	9 – 13
1600	100	23 – 30	16 – 20
2600	150	30 – 55	25 – 28

Untuk mengetahui kinerja dari lampu TL-LED dan lampu TL-T8 sebagai pencahayaan ruang kerja (perkantoran) perlu dilakukan analisis terhadap beberapa parameter dari kedua lampu tersebut yaitu: konsumsi daya listrik, daya beban listrik terpasang, tingkat pencahayaan (iluminansi), dan biaya operasional. Hasil analisis ini dapat dijadikan acuan untuk menentukan jenis lampu yang dapat memberikan efisiensi konsumsi daya listrik dan penghematan biaya operasional serta memenuhi standar kecukupan iluminansi pada ruang kerja.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan 4 tahap pengukuran dan perhitungan terhadap parameter lampu TL-T8 dan lampu TL-LED yang meliputi: pengukuran konsumsi daya listrik, pengukuran daya beban listrik terpasang, pengukuran iluminansi lampu, dan perhitungan biaya operasional.

Pengukuran konsumsi daya listrik

Pengukuran dilakukan pada 2 ruang kerja yang dijadikan sebagai ruang uji yaitu Ruang A (sekretariat DPPM) dan Ruang B (ruang penerbitan). Pengukuran dilakukan terhadap 2 jenis lampu yaitu lampu TL-T8 dan TL-LED pada seluruh rumah lampu yang dilakukan secara bergantian. Pengukuran dilakukan menggunakan kWh meter yang dipasang pada masing-masing ruang kerja yang dilakukan selama 7×24 jam untuk setiap jenis lampu. Hasil pengukuran konsumsi daya listrik menunjukkan konsumsi daya listrik dari masing-masing lampu TL-T8 dan TL-LED yang terpasang pada masing-masing ruang kerja.

Pengukuran daya beban listrik terpasang

Pengukuran dilakukan di laboratorium pengukuran listrik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tarumanagara, gedung L lantai 3. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan Wattmeter terhadap lampu TL-T8 dan lampu TL-LED yang digunakan di ruang uji A dan B. Hasil pengukuran dibandingkan dengan daya beban listrik terpasang yang tercantum pada kemasan dari masing-masing lampu. Tujuan pengukuran ini adalah untuk mengetahui kesesuaian antara daya terukur dengan daya yang tercantum pada label dari masing-masing lampu.

Pengukuran iluminansi

Pengukuran dilakukan pada ruang uji A dan B dengan menggunakan Lux meter. Pengukuran iluminansi juga dilakukan terhadap 2 jenis lampu TL-T8 dan TL LED yang terpasang pada Ruang A dan B yang dilakukan secara bergantian. Hasil pengukuran iluminansi dibandingkan terhadap hasil simulasi iluminansi ruang yang dibuat dengan perangkat lunak Dialux.

Perhitungan biaya operasional

Perhitungan biaya operasional dilakukan berdasarkan hasil pengukuran konsumsi daya listrik dari masing-masing lampu yang terpasang pada ruang uji A dan B. Biaya operasional diperoleh dengan mengalikan antara konsumsi daya listrik dengan tarif dasar listrik PLN sesuai dengan jenis pemakaian yang terdaftar (perkantoran). Efisiensi diperoleh dengan membandingkan selisih konsumsi daya listrik dari kedua jenis lampu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran dan analisa yang diperoleh dalam penelitian ini dipaparkan dalam 4 bagian sesuai dengan metode yang dijabarkan pada subbab berikut ini.

Analisis pengukuran konsumsi daya listrik

Hasil pengukuran konsumsi daya listrik diperoleh dari pengukuran menggunakan kWh meter yang dipasang pada ruang A dan ruang B dengan menyalakan lampu TL-T8 dan lampu TL-LED selama 24 jam 7 hari masing-masing secara bergantian. Sesuai hasil pengukuran tersebut kemudian diambil rata-rata konsumsi daya listrik selama 1 hari penuh (24 jam). Hasil pengukuran konsumsi daya tersebut ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Konsumsi Daya Listrik Lampu TL-T8 dan TL-LED per hari (24 jam)

<i>Jenis Lampu</i>	<i>Konsumsi Daya per hari (24 jam) (kWh)</i>	
	<i>Ruang A</i>	<i>Ruang B</i>
TL-T8	2,7	2,7
TL-LED	1,8	1,8
% Perbedaan konsumsi daya listrik lampu TL-T8 dan lampu TL-LED	33,3	33,3

Tabel 2 menunjukkan bahwa lampu TL-T8 memiliki konsumsi daya listrik lebih besar 33,3% daripada lampu TL-LED rata-rata per harinya baik untuk ruang A maupun ruang B.

Analisis Pengukuran daya beban listrik terpasang

Selanjutnya adalah analisis pengukuran daya beban listrik terpasang dari lampu TL-T8 dan lampu TL-LED yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengukuran Daya Beban Listrik Terpasang lampu TL-T8 dan TL-LED

<i>Jenis Lampu</i>	<i>Daya Tertulis (Watt)</i>	<i>Daya Terukur (Watt)</i>	<i>Perbedaan (%)</i>
TL-T8	36	42,30	17,50
TL-LED	16	16,01	0

Tabel 3 menunjukkan bahwa lampu TL-T8 memiliki daya beban listrik terpasang lebih besar dari nilai yang tertera pada kemasan lampu sebesar 17,5%. Hal ini disebabkan karena penggunaan balas pada lampu TL-T8 yang menimbulkan beban tambahan selain daya beban yang dipakai pada lampu. Sedangkan pada lampu TL-LED daya beban listrik terpasang adalah sesuai dengan yang tertera pada kemasan tanpa perbedaan.

Analisis pengukuran iluminansi di Ruang A dan B menggunakan lampu TL-T8

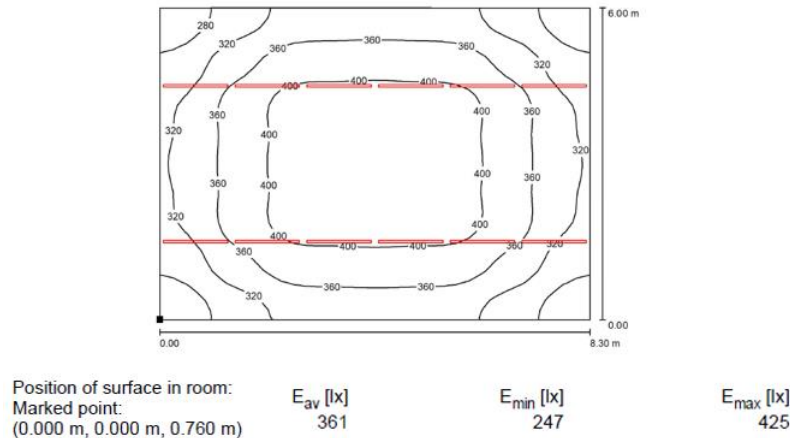
Hasil pengukuran iluminansi lampu TL-T8 ruang A dan ruang B dengan menggunakan Lux meter pada 12 titik pengukuran untuk setiap ruangnya ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Iluminansi Lampu TL-T8 di Ruang A dan B

<i>Iluminansi Ruang A (Lux)</i>			<i>Iluminansi Ruang B (Lux)</i>		
255,0	265,5	229,5	300,5	294,4	283,1
270,6	274,1	274,5	230,8	263,3	301,7
295,7	271,5	252,5	257,1	304,7	291,5
260,7	262,2	248,1	228,7	232,1	250,3
Rata-rata =	263,3		Rata-rata =	269,8	
Maksimum =	295,7		Maksimum =	304,7	
Minimum =	248,1		Minimum =	228,7	

Tabel 4 menunjukkan bahwa dengan menggunakan lampu TL-T8 ruang A memiliki iluminansi minimum sebesar 248,1 lux dan iluminansi maksimum sebesar 295,7 lux dengan iluminansi rata-rata untuk keseluruhan ruang sebesar 263,3 lux. Sedangkan ruang B memiliki iluminansi minimum sebesar 228,7 lux, iluminansi maksimum sebesar 304,7 lux, dan iluminansi rata-rata sebesar 269,8 lux. Hal ini menunjukkan bahwa ruang B memiliki iluminansi rata-rata yang sedikit lebih besar dari ruang A. Akan tetapi ruang B juga memiliki iluminansi minimum yang lebih kecil dari ruang A dan iluminansi maksimum yang juga lebih besar dari ruang A. Ini berarti bahwa ruang B memiliki distribusi iluminansi yang tidak merata dibanding dengan ruang A.

Selanjutnya iluminansi dari kedua ruang A dan B dengan menggunakan lampu TL-T8 dibandingkan dengan hasil simulasi dengan Dialux yang ditunjukkan pada gambar 1. Ukuran ruang adalah 8,3 x 6,0 m, tinggi bidang kerja 0,76 m, dan posisi lumener adalah 2 jalur sesuai kondisi terpasang pada ruang tersebut.



Gambar 1. Simulasi Iluminansi Lampu TL-T8 dengan Menggunakan Dialux

Gambar 1 memperlihatkan hasil simulasi iluminansi lampu TL-T8 pada ruang yang berukuran sama dengan ruang A dan B memiliki rata-rata iluminansi 361 lux, iluminansi minimum 247 lux dan iluminansi maksimum 425 lux. Hasil simulasi dibuat berdasarkan standar SNI yang merekomendasikan bahwa iluminansi rata-rata ruang kerja adalah 350 lux (SNI, 2011). Perbandingan hasil simulasi dan hasil pengukuran iluminansi dari ruang A dan B menunjukkan bahwa ruang A dan B memiliki iluminansi yang masih di bawah standar kecukupan iluminansi untuk ruang kerja.

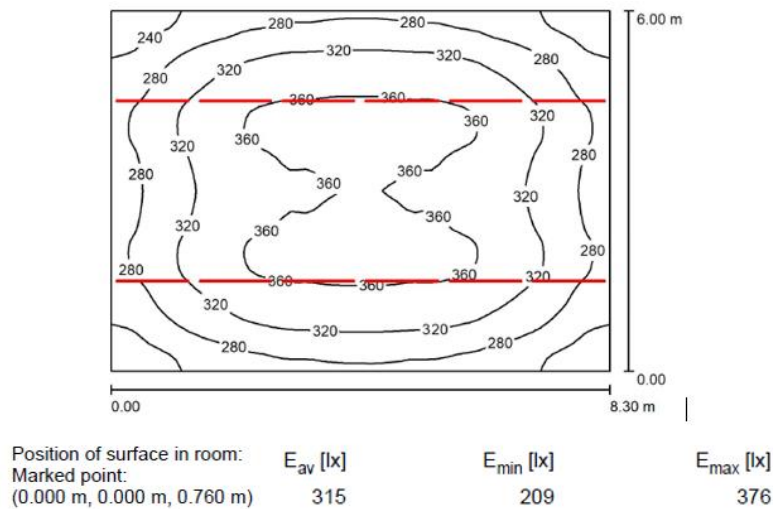
Analisis pengukuran iluminansi di Ruang A dan B menggunakan lampu TL-LED

Selanjutnya hasil pengukuran iluminansi lampu TL-LED di ruang A dan ruang B ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Iluminansi Lampu TL-LED di Ruang A dan B

<i>Iluminansi Ruang A (Lux)</i>			<i>Iluminansi Ruang B (Lux)</i>		
256,9	312,0	326,8	239,3	211,7	265,7
243,8	254,8	302,8	211,3	220,4	272,2
283,9	275,4	267,3	225,7	230,4	220,0
238,4	241,1	248,3	208,1	214,0	228,0
Rata-rata =	271,0		Rata-rata =	228,9	
Maksimum =	326,8		Maksimum =	272,2	
Minimum =	238,4		Minimum =	208,1	

Tabel 5 menunjukkan hasil pengukuran iluminansi untuk ruang A dan B dengan menggunakan lampu TL- LED dengan posisi dan jarak lampu yang sama dengan lampu TL-T8. Penggantian hanya dilakukan pada jenis lampunya saja, tidak dilakukan perubahan letak lumener dan bentuk lumener. Hasil pengukuran iluminansi memiliki rata-rata sebesar 271,0 lux untuk ruang A dan 228,9 lux untuk ruang B. Ini berarti bahwa ruang A memiliki iluminansi rata-rata yang lebih besar dibandingkan dengan ruang B. Selanjutnya hasil pengukuran ini juga dibandingkan dengan simulasi menggunakan Dialux yang ditunjukkan pada gambar 2. Ukuran ruang adalah 8,3 x 6,0 m, tinggi bidang kerja 0,76 m, dan posisi lumener adalah 2 jalur sesuai kondisi terpasang pada ruang tersebut.



Gambar 2. Simulasi Iluminansi Lampu TL-LED dengan Menggunakan Dialux

Gambar 2 menunjukkan bahwa hasil simulasi memiliki iluminansi rata-rata 315 lux, iluminansi minimum 209 lux dan iluminansi maksimum 376 lux. Meskipun hasil simulasi lebih rendah dari standar SNI, akan tetapi hasil simulasi ini memiliki nilai rata-rata iluminansi yang lebih besar dari hasil pengukuran iluminansi ruang A dan B yang menggunakan lampu TL-LED.

Ada 2 hal yang dapat diambil dari hasil perbandingan antara simulasi dan pengukuran di atas, pertama, iluminansi ruang A dan B dengan menggunakan lampu TL-LED masih jauh di bawah standar yang disyaratkan SNI. Kedua, penggunaan lampu TL-LED untuk ruang A dan B memerlukan pengaturan ulang baik posisi dan jarak antar lampu agar dapat mencapai nilai standar pencahayaan ruang kerja yang disyaratkan oleh SNI.

Analisis perhitungan biaya operasional

Perhitungan biaya operasional dapat diperoleh dari hasil kali antara hasil pengukuran konsumsi daya listrik dengan tarif dasar listrik dari PLN. Ada 2 tarif dasar listrik berbeda yang dikenakan pada Universitas Tarumanagara yaitu tarif dasar listrik 1 = Rp. 2.270,- per kWh dan tarif dasar listrik 2 = Rp. 4.590,- per kWh. Perhitungan biaya operasional menggunakan tarif dasar listrik 1 ditunjukkan pada Tabel 6. Sedangkan perhitungan biaya operasional dengan menggunakan tarif dasar listrik 2 ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 6. Perhitungan Biaya Operasional dengan Tarif Dasar Listrik 1

<i>Jenis lampu</i>	<i>Konsumsi daya listrik (kWH)</i>	<i>Tarif dasar listrik (Rupiah)</i>	<i>Biaya operasional (Rupiah)</i>
TL-T8	2,7	2.270	6.129
TL-LED	1,8	2.270	4.086
Selisih	0,9		2.043
Efisiensi =		$(2043/6129) \times 100\% = 33,33\%$	
Penghematan per 100 kWh =		Rp. 204.300,-	

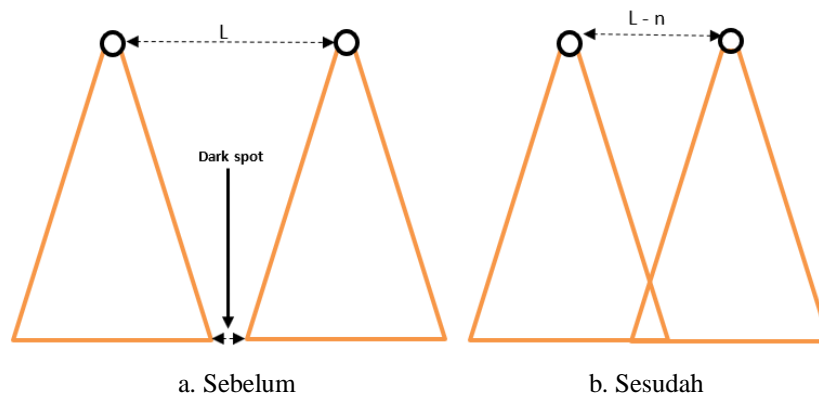
Tabel 7. Perhitungan Biaya Operasional dengan Tarif Dasar Listrik 2

<i>Jenis lampu</i>	<i>Konsumsi daya listrik (kWh)</i>	<i>Tarif dasar listrik (Rupiah)</i>	<i>Biaya operasional (Rupiah)</i>
TL-T8	2,7	4.590	12.393
TL-LED	1,8	4.590	8.262
Selisih	0,9		4.131
Efisiensi =			$(4131/12393) \times 100\% = 33,33\%$
Penghematan per 100 kWh =			Rp. 413.100,-

Berdasarkan Tabel 6 dan Tabel 7 diperoleh efisiensi biaya operasional yang diberikan oleh lampu TL-LED adalah sebesar 33,3% dari biaya operasional lampu TL-T8. Penghematan biaya operasional dengan menggunakan lampu TL-LED untuk setiap 100 kWh adalah antara Rp. 204.300,- sampai dengan Rp. 413.100,-.

Analisis Lebih Lanjut untuk Pengukuran Iluminansi

Iluminansi lampu LED lebih rendah karena lampu TL LED memiliki lebar pancaran (*beamwidth*) dengan sudut yang lebih kecil dibandingkan lampu TL-T8 yang memiliki *beamwidth* yang memancar ke segala arah sebesar 360°. Untuk mengatasi kekurangan tersebut dapat dilakukan dengan menyesuaikan jarak dan jumlah lampu TL-LED yang terpasang sehingga diperoleh *beamwidth* yang saling menutupi pada arah jatuhnya sinar seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaturan Ulang Jarak dan Posisi Lampu TL LED untuk Memperbaiki *Beamwidth*

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dipaparkan di atas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Konsumsi daya listrik dari lampu TL-LED lebih kecil dari lampu TL-T8 dengan perbedaan sebesar 33,3% untuk konsumsi dayanya.

Penghematan biaya yang dapat diberikan oleh lampu TL-LED adalah sebesar 33,3% dibanding lampu TL-T8 yang berkisar antara Rp. 204.300,- sampai dengan Rp. 413.100,- untuk setiap konsumsi daya sebesar 100kWh.

Lampu TL-LED dapat direkomendasikan sebagai pengganti lampu TL-T8 untuk meningkatkan penghematan konsumsi daya listrik.

Daya beban listrik terpasang lampu TL-T8 memberikan rugi-rugi sebesar 17,5% karena adanya penggunaan balas.

Illuminansi ruang A dan ruang B memiliki nilai iluminansi di bawah standar SNI sehingga perlu dilakukan penataan ulang dengan mengatur posisi, jarak dan jumlah lampu agar diperoleh rata-rata iluminansi sebesar 350 lux.

Selanjutnya dapat diberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut sebagai berikut:

Lampu TL-LED sebagai pengganti lampu TL-T8 memerlukan penyesuaian pengaturan posisi, jarak dan jumlah lampu untuk mendapatkan iluminansi yang memenuhi standar SNI dan memberikan penghematan daya yang signifikan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami sampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Tarumanagara yang telah memberikan dana untuk penelitian ini.

REFERENSI

- Halonen, L., Bhusal, P. & SUMMAR Y. (2010). Guidebook on Energy Efficient Electric Lighting for Buildings. 45.
- Boylestad, R. & Nashelsky, L., Electronic Devices and Circuit Theory, 10th ed., USA: Prentice Hall International Editions, 2008.
- Buku Panduan Hemat Energi. (2013). EECCHI (*Energy Efficiency and Conservation Cleaning House Indonesia*), Jakarta.
- Pimputkar, S., Speck, J., Denbaars, S., & Nakamura, S. (2009). Prospects for LED lighting. Nature Photonics. 3. 10.1038/nphoton.2009.32.
- Munzinger, P. Brocker, H., & Supriadi, A. (2012) Substitution of Conventional Street Lights with LEDs, Giz, Osram & Paklim.
- Khan, N. & Naeem, A.K. (2011). Comparative study of energy saving light sources. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 15. 296-309. 10.1016/j.rser.2010.07.072.
- SNI 6197:2011. (2011) Konservasi energi pada sistem pencahayaan. Badan Standardisasi Nasional.