

PENGARUH DIMENSI GEOMETRIK LAMPU LED TERHADAP PERSEPSI KECERAHAN

THE EFFECT OF GEOMETRIC DIMENSION OF LED LAMP ON BRIGHTNESS PERCEPTION

Andrea Marisi, Revantino

Balai Besar Bahan dan Barang Teknik, Jl. Sangkuriang No. 14 Bandung 40135
Email: da_revan@yahoo.com

Diterima: 09 Oktober 2013

Direvisi: 07 November 2013

Disetujui: 05 Desember 2013

ABSTRAK

Perkembangan teknologi di bidang *Solid State Lighting* selama dekade terakhir membuat diversifikasi penggunaan *Light Emitting Diode* untuk pelayanan pencahayaan umum. Balai Besar Bahan dan Barang Teknik sejak tahun 2011 telah melakukan penelitian dan pengembangan lampu LED berbasis *Surface Mounting Device* (SMD) 5050. Pada perancangan *Printed Circuit Board* (PCB) untuk memasang LED-smd tersebut, dilakukan analisis dimensi geometrik yang optimal sehingga dapat memancarkan cahaya ke segala arah dan memberikan persepsi kecerahan yang lebih baik. Untuk perancangan PCB tersebut, dipilih 2 (dua) model berbentuk silinder dengan memperhatikan rasio antara tinggi dan diameter alas. Dari pendekatan sumber titik dan perhitungan eksitasi luminus, diperoleh bahwa model dengan rasio ≈ 1 menghasilkan persepsi lebih cerah terhadap visual manusia.

Kata kunci: dimensi geometrik, pendekatan sumber titik, eksitasi luminus, persepsi kecerahan

ABSTRACT

Advanced technology on Solid State Lighting in last decade made diversification of Light Emitting Diode for general lighting services. Center for Material and Technical Product (B4T) since 2011 have conducted research and development of LED lamp which based on Surface Mounting Device (SMD) 5050. On designing Printed Circuit Board (PCB) for mounting the LED-smd, the analysis of geometric dimension to get optimum value for light-emitting to all direction and give better brightness perception had been done. For designing of the PCB, they were 2 (two) models selected in cylindrical shape with considering the rasio between height dan diameter of base. From point source approximation and calculation of luminous exitance, the experimental result showed that the model with rasio ≈ 1 gave more brightness perception to human visual.

Keywords: *geometric dimension, point of source approximation, luminous exitance, brightness perception*

PENDAHULUAN

Diversifikasi penggunaan *Light Emitting Diode* atau LED, dari fungsi sebagai indikator pada panel antar-muka (interface) sebuah instrumen ke fungsi sebagai lampu (luminer) untuk pelayanan pencahayaan umum (general lighting services), berkembang pesat dalam dekade terakhir. Umumnya negara-negara maju terus melakukan riset dan pengembangan terhadap produk-produk lampu LED, termasuk karakteristik unjuk kerja (performance). Tekno-

logi lampu LED termasuk ke dalam kategori pencahayaan kondisi solid (solid state lighting) [1].

Walaupun telah dikembangkan beberapa standar acuan untuk produk lampu LED, seperti oleh IEC (*Internasional Eletrotechnical Commission*), namun hasil yang diperoleh dari riset dan pengembangan yang dilakukan masih memberikan hasil yang berbeda-beda di setiap negara. Oleh karena itu, Indonesia sebagai negara berkembang juga memiliki potensi dan kesempatan

yang sama untuk melakukan riset dan pengembangan di bidang SSL.

Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T) di bawah Kementerian Perindustrian R.I. mulai melakukan penelitian dan pengembangan di bidang SSL sejak tahun 2011, khususnya produk lampu LED. Jenis yang dipilih adalah LED-smd 5050, dengan luas permukaan 5 mm × 5 mm, yang dipasangkan pada PCB (*Printed Circuit Board*), seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan lampu LED-smd 5050

Rancangan dimensi geometrik dari PCB tersebut disusun sedemikian rupa sehingga lampu LED dapat memancarkan cahaya yang serbasama ke semua arah, yaitu optimal ke seluruh permukaan dengan sudut ruang mendekati 4π steradian (sr) [2]. Untuk itu diperlukan desain PCB yang menempatkan LED-smd yang hampir merata di setiap sisinya.

BAHAN DAN METODE

Perancangan dimensi geometrik PCB untuk LED-smd 5050 dilakukan dengan beberapa metode, yaitu:

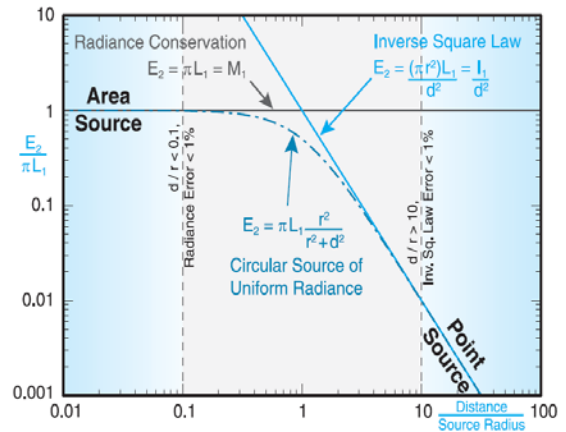
1. Pendekatan sumber titik (point source approximation).
2. Nilai eksitasi luminus (luminous exitance).
3. Persepsi kecerahan (brightness).

Pendekatan terhadap sebuah sumber cahaya (light source) sebagai titik dapat di-

lakukan apabila perbandingan antara jarak (*distance/d*) pengukuran dari sumber cahaya dengan jari-jari sumber cahaya (source radius atau *r*):

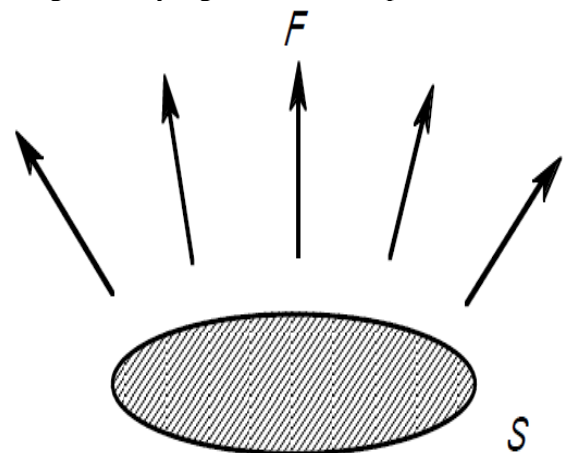
$$\frac{d}{r} > 10,$$

sebagaimana yang ditampilkan pada Gambar 2.



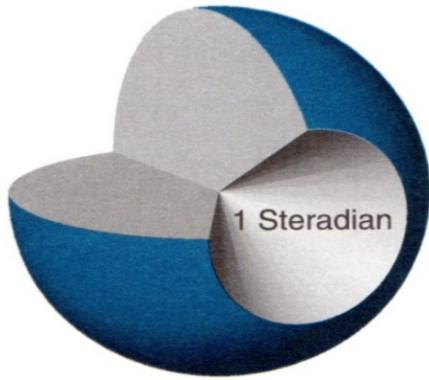
Gambar 2. Pendekatan Sumber Titik Berdasarkan Hukum Kuadrat-Terbalik (*Inverse-Square Law*)

Eksitasi luminus adalah besaran fotometri yang menyatakan besarnya fluks luminus (luminous flux) atau daya cahaya yang diemisikan oleh sebuah sumber cahaya per satuan luas permukaan dari sumber cahaya tersebut [3], sebagaimana yang diilustrasikan pada Gambar 3.

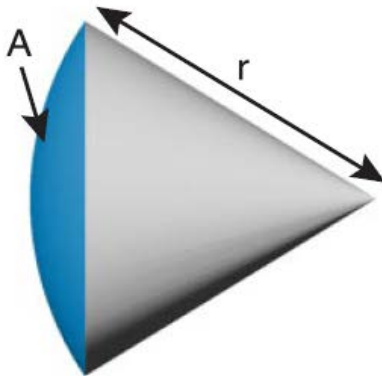


Gambar 3. Ilustrasi Eksitasi Luminus dari Sebuah Sumber Cahaya

Luas permukaan yang dimaksud berbentuk sferikal (spherical) dengan sudut ruang sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Ilustrasi Sudut Ruang (Steradian)



Gambar 5. Ilustrasi Potongan Penampang Sudut Ruang

Perbandingan antara luas permukaan (A) dan radius kuadrat dari sumber titik (r^2) dinyatakan sebagai sudut ruang (Ω), dengan satuan steradian, sebagaimana persamaan berikut:

$$\Omega = \frac{A}{r^2}$$

Besarnya daya cahaya yang dipancarkan dari luas permukaan pada potongan penampang sudut ruang tersebut dinyatakan luminansi (luminance) dengan satuan lumen per steradian.meter², sebagaimana persamaan berikut:

$$L = \frac{\varphi/\Omega}{A},$$

Φ adalah daya cahaya dengan satuan lumen; dan nilai φ/Ω disebut juga sebagai intensitas cahaya pada sudut ruang tersebut, dengan satuan lumen per steradian.

Nilai luminansi dapat dipersepsikan sebagai kecerahan (brightness) terhadap visual manusia (kualitatif). Dengan demikian apabila 2 (dua) sumber cahaya dengan fluks luminus yang sama, namun salah satu dipancarkan dalam sudut

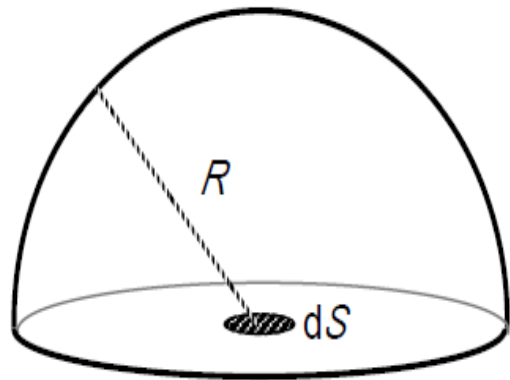
ruang dan luas permukaan yang lebih kecil, maka akan menghasilkan kecerahan yang berbeda. Dengan nilai sudut ruang dan luas permukaan yang lebih kecil akan diperoleh kesan lebih cerah [4].

Total luminansi pada seluruh permukaan disebut juga sebagai eksitasi luminus, yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$M = \frac{d\varphi}{dS},$$

dengan $d\Phi$ adalah fluks luminus yang dipancarkan oleh sumber cahaya dengan satuan lumen; dan dS adalah luas permukaan sumber cahaya dengan satuan meter², sehingga M (eksitasi luminus) memiliki satuan lumen per meter². Oleh karena itu, nilai eksitasi luminus sebuah sumber cahaya merupakan representasi dari total kecerahan yang dipersepsikan oleh manusia, dengan syarat bahwa sumber tersebut memancarkan cahaya yang serbasama ke segala arah.

Sebuah sumber titik yang diasumsikan memancarkan cahaya serbasama ke segala arah, akan menghasilkan permukaan imajiner berbentuk bola (*hemisphere*) atau permukaan Lambertian [3], sebagaimana yang diilustrasikan pada Gambar 6:

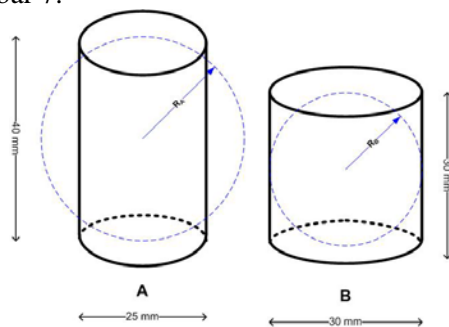


Gambar 6. Ilustrasi Permukaan Lambertian (hemisphere)

R adalah jari-jari dari permukaan imajiner sebuah sumber cahaya yang dipandang sebagai titik. Besarnya jari-jari tersebut ditentukan berdasarkan dimensi geometrik terbesar dari sumber cahaya. Misalkan sebuah sumber cahaya berbentuk tabung seperti *tube lamp* (TL), maka nilai R diambil dari tinggi tabung tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perancangan dimensi geometrik PCB untuk LED-smd 5050, diambil dari 2 (dua) jenis model yang dibeli dari produk jadi lampu LED, yang diberi nama Model A dan Model B. Pada kedua model tersebut telah terpasang LED-smd 2020, yang memiliki luas permukaan 2 mm × 2 mm, dengan jumlah yang sama sebanyak 60 buah. Keduanya juga memiliki rangkaian elektronik untuk catu daya (power supply) yang sama, namun memiliki dimensi geometrik yang berbeda, sebagaimana yang ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan Dimensi Geometrik antara Model A dan B

Pada model A, PCB berbentuk tabung dengan diameter alas 25 mm dan tinggi 40 mm; sedangkan pada model B, PCB juga berbentuk tabung dengan diameter alas dan tinggi yang sama, yaitu 30 mm. Dengan demikian jari-jari dari permukaan imajiner untuk model A diambil dari setengah tinggi tabung, $R_A = 20$ mm; dan jari-jari dari permukaan imajiner untuk model B diambil dari setengah tinggi tabung atau diameter alas, $R_B = 15$ mm.

Pengukuran karakteristik fotometri dan kelistrikan dilakukan terhadap kedua model dimensi geometrik PCB tersebut dan diperoleh hasil sebagaimana yang ditampilkan dalam Tabel 1.

1. Fluks luminus.
Fluks luminus yang terukur dari kedua model tersebut menunjukkan perbedaan yang tidak lebih dari +/- 0,2% terhadap acuan nominal 225 lumen, dimana perbedaan tersebut tidak berarti (significant).
2. CCT dan SDCM.
Nilai CCT terukur dari kedua model tersebut menunjukkan perbedaan maksimal 3,05% terhadap acuan nominal 6.000 K, sedangkan nilai SDCM terukur dari keduanya berada nominal 13 (berbeda 0,1). Nominal tersebut

diperoleh dari perbandingan CCT terukur terhadap titik acuan 6.400 K pada alat uji spektrometri.

3. CRI.
Nilai CRI terukur dari kedua model tersebut menunjukkan perbedaan maksimal 0,3% terhadap acuan nominal 77, di mana perbedaan tersebut tidak berarti.
4. Daya elektrik.
Daya elektrik yang dikonsumsi oleh kedua model tersebut hanya berbeda 0,05 Watt atau selisih 0,3–0,35 Watt dari nominal 3 Watt. Hal ini menunjukkan bahwa kedua model tersebut memiliki karakter konsumsi daya elektrik yang hampir sama.
5. Efikasi luminus.
Efikasi luminus diperoleh dari perbandingan fluks luminus (lumen) yang dihasilkan terhadap daya elektrik (Watt) yang dikonsumsi oleh kedua model lampu LED tersebut. Nilai efikasi luminus dari keduanya selisih 1,347 lumen/Watt.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Fotometri dan Kelistrikan antara Model A dan Model B

No.	Parameter pengukuran	Hasil pengukuran	
		Model A	Model B
1.	Fluks luminus (lumen)	225,4	224,7
2.	<i>Correlated Color Temperature</i> / CCT (K)	5817	6008
3.	<i>Standard Deviation Color Matching</i> (SDCM)	13,1	13,2
4.	<i>Color Rendering Index</i> / CRI	77,0	77,2
5.	Daya elektrik (Watt)	2,70	2,65
6.	Efikasi luminus (lumen/Watt)	83,482	84,829

Berdasarkan nilai-nilai yang diperoleh dari pengukuran fotometri, antara Model A dan Model B, keduanya menunjukkan perbedaan yang tidak berarti. Hal ini karena keduanya hanya berbeda pada dimensi geometrik PCB untuk *chips* LED yang dipasangkan pada permukaanya,

di mana hal tersebut tidak berpengaruh terhadap kuantitas fotometri yang dihasilkan.

Namun perhitungan Eksitansi Luminus dari kedua model lampu LED tersebut memberikan hasil yang berbeda, dengan penjabaran sebagai berikut:

1. Eksitansi Luminus Model A, dengan $R_A = 20$ mm = 0,02 m.

$$M_A = \frac{\varphi_A}{4\pi R_A^2} = \frac{225,4 \text{ lumen}}{4\pi \times (0,02)^2 \text{ meter}^2} = 44.841,9 \text{ lumen/meter}^2$$

2. Eksitansi Luminus Model B, dengan $R_B = 15$ mm = 0,015 m.

$$M_B = \frac{\varphi_B}{4\pi R_B^2} = \frac{224,7 \text{ lumen}}{4\pi \times (0,015)^2 \text{ meter}^2} = 79.471,4 \text{ lumen/meter}^2$$

3. Perbandingan $M_A : M_B =$

$$\frac{44.841,9 \text{ lumen/meter}^2}{79.471,4 \text{ lumen/meter}^2} = 1 : 1,8$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai Eksitansi Luminus Model B 1,8 kali lebih besar dari Model A. Perbandingan tersebut memberikan persepsi bahwa Model B lebih cerah dibandingkan model A.

KESIMPULAN

Dari perancangan dimensi geometrik PCB untuk lampu LED di atas, dapat disimpulkan bahwa:

1. Desain lampu LED dengan jumlah LED-smd yang sama dan rangkaian elektronik yang juga sama, akan menghasilkan karakteristik fotometri yang sama pula.
2. Apabila desain lampu LED yang sama tersebut memiliki dimensi geometrik yang berbeda, maka akan berbeda pula nilai Eksitansi Luminus yang dihasilkan.
3. Perbedaan nilai Eksitansi Luminus tersebut dipersepsikan sebagai perbedaan total kecerahan dari sumber cahaya terhadap visual manusia.

Sebagai saran, untuk pembuktian lebih lanjut dari perbandingan nilai Eksitansi Luminus tersebut, dapat dilakukan pengukuran luminansi pada bagian-bagian sudut ruang dan kemudian diintegrasikan, sehingga diperoleh total luminansi. Total luminansi tersebut dibandingkan terhadap hasil perhitungan di atas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Philips Lighting Manual, Edisi 2003.
- [2] Ryer, Alexander D, 1997, *Light Measurement Handbook*, Newburyport, International Light Inc.
- [3] Long, W.F, 1994, Luminous Exitance, Definition of Luminous Exitance, 1994, <http://www.drdrbill.com/downloads/optics/pHOTOMETRY/Exitance.pdf>, diakses 1 September 2013.
- [4] IESNA (Illuminating Engineering Society of North America, Handbook, Edisi 2001.

