

# Pengembangan Standard Empiris Efikasi Penerangan Listrik Untuk Mendukung Perhitungan Cepat Dalam Perancangan Instalasi Listrik

Tiyono<sup>1</sup>

**Abstract**—In the process of drafting/design of electrical installations, especially in the design calculations required the installation of electric lighting fast, to soon be able to provide information about the equipment, technology, power requirements and cost required. Standard empirical efficacy of electric lighting that matches the tropics, is required to support rapid decision-making calculations, can immediately provide information about the equipment, technology, power requirements and cost involved as well as the consideration of energy-saving insights along with the development of the concept of "green building". How research includes surveys various decades building lighting intensity at UGM, spacious room, and satisfaction taste the intensity of lighting in a variety of activities. Finally, the activities of the test samples lighting, to find the type of lights that have high efficiency. From data surveys computed lighting efficacy values for the various buildings. With the analysis of generalization and priorities, both efficacy data and appetite satisfaction, priority parameter can be found. Based on priorities parameters can be made standard empirical efficacy lighting equipment, in 6 status, namely: 1. poorly ( $< 2W/m^2$ ), 2. most economically (between  $2 W/m^2$  and  $3 W/m^2$ ), 3. economically (between  $3W/m^2$  and  $7.5 W/m^2$ ), 4. ideally (between  $7.5 W / m^2$  and  $11W/m^2$ ), 5. luxurious (between  $11W/m^2$  and  $15W/m^2$ ) or 6. extravagant ( $> 15W/m^2$ ). In the hope the results of this research can be used to help solve the duration problems of electrical installation design.

**Intisari**—Standard empiris efikasi penerangan listrik yang cocok dengan kawasan tropis diperlukan dalam desain untuk mendukung perhitungan cepat pengambilan keputusan, yaitu segera bisa memberi informasi tentang peralatan, teknologi, kebutuhan daya listrik dan biaya yang diperlukan serta pertimbangan wawasan hemat energi seiring dengan pengembangan konsep "green building". Kegiatan penelitian meliputi survei instalasi penerangan gedung berbagai dekade di lingkungan UGM, untuk mengukur intensitas penerangan, luas ruangan, kenyamanan selera dalam berbagai kegiatan. Terakhir, kegiatan uji sampel lampu penerangan, untuk menemukan jenis lampu yang mempunyai efisiensi tinggi. Berbasis parameter prioritas dapat dibuat standard empiris efikasi peralatan penerangan, dalam rentang efikasi 6 status, yaitu: 1. buruk ( $< 2W/m^2$ ), 2. sangat hemat (antara  $2W/m^2$  dan  $3W/m^2$ ), 3. hemat (antara  $3W/m^2$  dan  $7,5W/m^2$ ), 4. ideal (antara  $7,5W/m^2$  dan  $11W/m^2$ ), 5. mewah (antara  $11W/m^2$  dan  $15W/m^2$  atau 6. boros ( $>15W/m^2$ ). Dengan harapan hasil penelitian ini bisa digunakan untuk

membantu menyelesaikan persoalan waktu desain instalasi listrik.

**Kata Kunci**—Standard Empiris, Perhitungan Cepat, Perancangan instalasi.

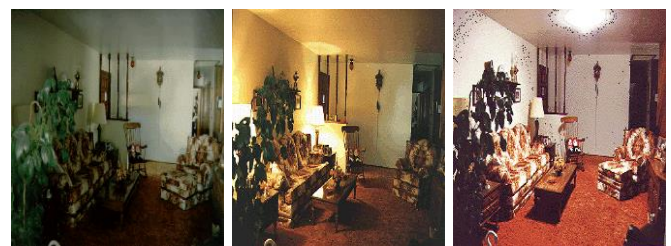
## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Permasalahan

Desain instalasi penerangan/pencahayaan, terkait dengan asal sumber cahaya, dibedakan antara pencahayaan alami dan pencahayaan buatan. Pencahayaan alami, yaitu pencahayaan menggunakan cahaya/sinar matahari, sedang-kan pencahayaan buatan menggunakan lampu sebagai sumber cahaya. Perhatikan Gbr. 1 contoh obyek dengan dan tanpa pencahayaan.

Pencahayaan alami bisa menggunakan jendela, lubang ventilasi cahaya atau kolektor cahaya, disalurkan ke dalam ruangan seolah-olah sebagai sumber cahaya, seperti terlihat pada Gbr. 2. Cahaya alami hanya bisa dinikmati siang hari, sedangkan untuk keperluan pencahayaan di malam hari tetap menggunakan cahaya buatan.

Pencahayaan buatan yang dihasilkan oleh lampu listrik, sangat berguna terutama saat tidak tersedia cahaya alami siang hari, tidak tersedia cukup cahaya matahari misal saat mendung, saat diperlukan cahaya merata di ruangan berukuran besar, saat diperlukan intensitas cahaya yang konstan (contoh: ruang operasi), atau untuk fungsi khusus misal ruang pameran, inkubator, untuk estetika ruangan [3] [4].

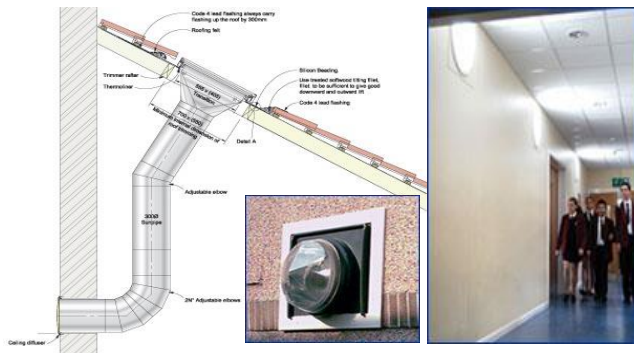


a. Tanpa pencahayaan b. Cahaya lampu listrik c. Cahaya tabung matahari

Gbr. 1 Obyek dengan / tanpa pencahayaan

Dari segi pengarahannya cahaya, pencahayaan dibagi dua, yaitu pencahayaan langsung (direct lighting) dengan mengarahkan sinar langsung ke bidang kerja atau obyek. Pencahayaan tak langsung (indirect lighting) dengan cara memantulkan sinar lebih dulu (misalnya ke langit-langit atau ke dinding), baru sinar pantulannya kena obyek.

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik UGM, Jl. Grafika, Yogyakarta 55285 Indonesia (Email: tiyonoty@yahoo.com)



Gbr. 2 Konstruksi sumber cahaya tabung matahari (Solartube)

Sehubungan dengan ini dikenal beberapa model dudukan lampu atau socket atau rumah lampu (armature). Pengarahan Cahaya pada beberapa referensi seperangkat lampu, socket, tudung, tombol, dan balast dalam satu paket rumah lampu disebut sebagai lumener (luminaire), di sebagian buku referensi, lampu dan lumener (socket, rumah, tudung, dan balast) dipisahkan dan keduanya disebut fixture [1][3].

Di dalam proses perancangan / desain instalasi listrik, baik penentuan dan pemilihan komponen jaringan instalasi listrik maupun peralatan listrik, terlalu banyak parameter yang mengekang dan harus diperhitungkan, baik parameter di bidang listrik, mekanik, arsitek, maupun kenyamanan selera berbasis budaya [1]. Di dalam kehidupan praktis, khususnya di dalam desain instalasi penerangan listrik, sering dihadapkan dengan dua masalah besar, yaitu kecepatan (perhitungan cepat) pengambilan keputusan kebutuhan biaya investasi, untuk segera bisa memberi informasi tentang peralatan, teknologi, kebutuhan daya listrik dan biaya yang diperlukan serta pertimbangan wawasan hemat energi seiring dengan pengembangan konsep "green building"[2][4]. Penggunaan cahaya alami lebih diutamakan dari pada cahaya buatan. [3][4]

Di dalam dunia desain sering dikenal tiga istilah, yaitu efisiensi, efektivitas dan efikasi sebagai tolak atau indikator keberhasilan. Efisiensi adalah relasi nilai keluaran terhadap nilai masukan dalam satuan yang sama, misal watt/watt, efektivitas adalah relasi nilai keluaran terhadap nilai masukan dalam satuan yang berbeda, misal watt/mahasiswa untuk mengukur kebutuhan daya penerangan listrik di kampus, sedangkan efikasi merupakan relasi nilai keluaran

terhadap nilai masukan dalam satuan desain, misal lumen/m<sup>2</sup>, lux/m<sup>2</sup> atau watt/m<sup>2</sup>[4].

Standard desain instalasi umumnya masih mengacu kepada standard desain international dari negara maju yang berada di belahan dunia kawasan subtropis. Standard tersebut jika langsung diterapkan di daerah tropis, harus dilakukan beberapa pertimbangan penyesuaian. Sementara itu standard SNI juga masih mengacu standard international, kurang mengadopsi penelitian di daerah tropis.[2]

Sementara itu di lingkungan UGM terdapat atau memiliki berbagai gedung yang dibangun dan telah berumur puluhan tahun yang dapat diklasifikasikan dekade 80 (1980 sd. 1989 dan sebelum tahun 1980), dekade 90 (1990 sd. 1999), dekade

2000 (2000 sd. 2009), terakhir dekade 2010 (2010 sd. 2019). Kondisi ini sangat bagus sebagai model yang dianggap mempunyai sejarah desain. Dari berbagai dekade gedung tersebut, perlu disurvei untuk mendapatkan informasi efikasi penerangan. Selanjutnya juga perlu disurvei konsumen pengguna gedung untuk mendapatkan informasi kenyamanan selera terhadap kebutuhan intensitas penerangan.

Oleh karena berbasis parameter prioritas perhitungan efikasi dari penelitian inilah perlu dibuat standard empiris efikasi peralatan, yang telah memperhatikan berbagai pertimbangan kondisi tropis. Dengan harapan hasil penelitian ini bisa membantu persoalan waktu desain instalasi listrik sesuai kondisi tropis.

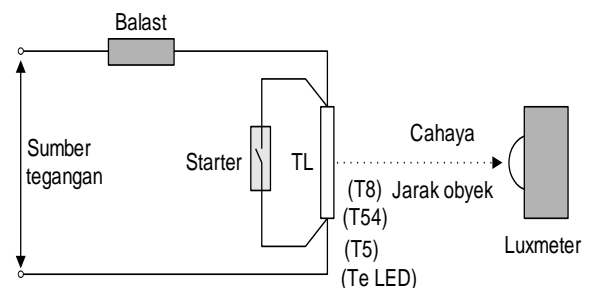
## II. STANDARD EMPIRIS

Prinsip pembuatan standard empiris efikasi peralatan penerangan seperti skema blok berikut:

Prinsip kerja pembuatan standard empiris efikasi peralatan penerangan (1) melakukan survei dan pengukuran intensitas penerangan dan luas ruang di berbagai fungsi kegiatan pada gedung berbagai decade di UGM, untuk memperoleh nilai efikasi penerangan, dengan satuan W/m<sup>2</sup>. (2) melakukan survei tingkat kenyamanan selera intensitas pencahayaan dari kalangan karyawan, dosen, dan mahasiswa maupun publik (jika perlu), (3) melakukan uji sampel lampu terpilih berdasar perkembangan teknologi, untuk mendapatkan jenis lampu yang berefisiensi tinggi, guna mendukung hemat energi, dengan satuan lm/W. Selanjutnya dilakukan (4) pengolahan data, untuk mendapatkan kesimpulan pembuatan standard empiris efikasi peralatan penerangan, dalam 6 kawasan efikasi berstatus buruk, sangat hemat, hemat, ideal, mewah, boros. Dengan harapan hasil penelitian ini bisa membantu persoalan waktu desain instalasi listrik.

## III. METODOLOGI

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lampu T5, Lampu T54, Lampu T8, dan Lampu Te LED masing-masing satu unit. Sedangkan alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Luxmeter, Multimeter Digital, satu berkas Borang Kenyamanan Selera, serta buku-buku referensi tentang penerangan. Skema rangkaian sistem terlihat seperti pada Gbr. 3.



Gbr. 3 Rangkaian pengujian

Survei tingkat pencahayaan berbagai gedung yang ada berdasar dekade, untuk memperoleh nilai efikasi penerangan. Penelitian ini dilakukan dengan cara memilih gedung yang mewakili dekade, diambil sampel parsial dari ruang kuliah dengan luasan 7,2 x 7,2 m<sup>2</sup> (mewakili satuan luas standard berdasar struktur kolom / pilar beton), dihitung wattage lampu yang terpasang..

Survei tingkat kenyamanan selera intensitas pencahayaan dari kalangan karyawan, dosen, dan mahasiswa maupun publik.. Penelitian ini dilakukan dengan cara memberikan angket untuk menjangkir kenyamanan terhadap efikasi penerangan di ruang kerja dengan kegiatan membaca atau menulis, diambil sampel parsial dari ruang kerja dengan luasan 3 x 3 m = 9 m<sup>2</sup> (mewakili seperempat satuan luas standard berdasar struktur kolom / pilar beton), dihitung populasi pendapat setiap jenis efikasi lampu yang ditawarkan. Efikasi yang ditawarkan masing-masing <20W/9m<sup>2</sup>; 40W/9m<sup>2</sup>; 80W/9m<sup>2</sup>; 120W/9m<sup>2</sup>; 160W/9m<sup>2</sup>..

Uji sampel lampu terpilih berdasar perlembangan teknologi, untuk mendapatkan jenis lampu yang berefisiensi tinggi, guna mendukung hemat energi. Penelitian ini dilakukan dengan cara memilih dua jenis armature lampu yang sering dipakai, yaitu jenis permukaan dengan cat dop dan jenis permukaan mengkilat (glossy). Pada masing-masing armature dikenakan jenis lampu terpilih ( lampu TL jenis T8; T 54; T84; T5) dan selanjutnya diukur intensitas pencahayaan di bidang kerja (berbagai jarak bidang kerja dari lampu). Rangkaian pengujian seperti Gbr. 3.

Analisis tingkat pencahayaan berbagai gedung yang ada berdasar dekade, untuk memperoleh nilai efikasi penerangan

Hasil survei ini dievaluasi dengan nilai standard yang berlaku, dan dianalisis nilainya dan diberi status apakah gedung-gedung tersebut mempunyai tingkat penerangan atau efikasi berstatus buruk, hemat, ideal, mewah atau boros dalam bobot prosen efikasi terhadap nilai standard maksimal, yaitu 20W/m<sup>2</sup> sebagai nilai 100%.

Analisis kenyamanan selera intensitas pencahayaan dari kalangan karyawan, dosen, dan mahasiswa maupun publik. Hasil survei ini dievaluasi dihitung jumlah populasinya dipakai sebagai pendukung kelompok status efikasi yang ditawarkan (kelompok buruk, hemat, ideal, mewah atau boros), guna untuk memilih kelompok efikasi mana yang mencerminkan wilayah tropis.

Analisis uji sampel lampu terpilih berdasar perlembangan teknologi, untuk mendapatkan jenis lampu yang berefisiensi tinggi, guna mendukung hemat energi. Hasil penelitian ini dianalisis dan dipilih konfigurasi pasangan armature dan jenis lampu yang memberikan efek penerangan hemat, efisien dan efektif, yaitu diurutkan dari konfigurasi yang mempunyai efisiensi tinggi ke efisiensi rendah.

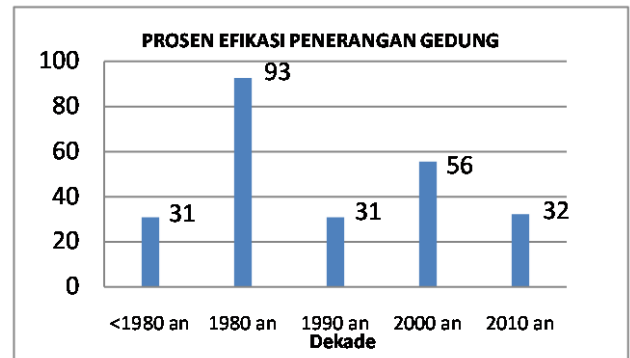
Dari hasil analisis digunakan untuk membuat batas-batas status efikasi, sehingga dihasilkan Standard Empiris Efikasi Penerangan Listrik Daerah Tropis untuk mendukung perhitungan cepat dalam perancangan instalasi listrik.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Intensitas Pencahayaan dan Luas Ruang pada Gedung Berbagai Dekade.

Hasil penelitian intensitas pencahayaan dan luas ruang pada gedung berbagai dekade, seperti grafik berikut:

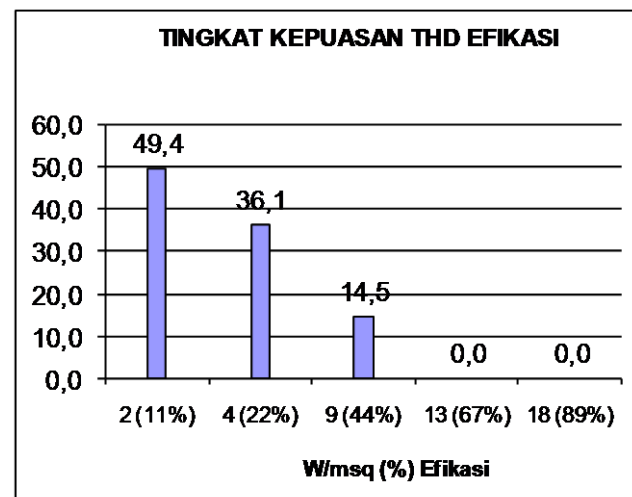
Dari Gbr. 4 di atas bahwa mayoritas efikasi menunjuk pada nilai sekitar 30% dari efikasi standard maksimal, yaitu 20W/m<sup>2</sup>. Hal ini mencerminkan bahwa perencanaan instalasi penerangan sudah memperhatikan pengaruh cahaya alami di daerah tropis, sementara itu standard efikasi menurut IEC 20W/m<sup>2</sup> sangat berlebihan (over design) untuk diterapkan di wilayah tropis.



Gbr. 4 Prosen Efikasi

##### B. Tingkat Kenyamanan di Kalangan Dosen, Karyawan dan Mahasiswa.

Hasil penelitian tingkat kenyamanan di kalangan dosen, karyawan dan mahasiswa terhadap efikasi penerangan listrik, seperti grafik pada Gbr. 5.



Gbr. 5 Tingkat kenyamanan terhadap efikasi

Dari Gbr. 5 di atas tampak bahwa kenyamanan terhadap efikasi, didominasi oleh 49,4% populasi yang memilih efikasi 2 (11%), berikutnya oleh 36,1% populasi memilih efikasi 4 (22%), disusul 14,6% populasi memilih efikasi 9 (44%),

sedangkan efikasi di atas 13. (67%) tidak dipilih. Hal ini bisa dimaknai bahwa kebutuhan intensitas penerangan bagi orang yang tinggal di wilayah tropis cukup rendah saja, atau cukup hemat. Hal ini juga menunjukkan bahwa orang yang tinggal di daerah tropis mempunyai mata dengan kemampuan adaptasi sangat tinggi, di mulai dari posisi di terik matahari dengan intensitas 100.000 lux sampai di dalam ruangan dengan intensitas cahaya kurang dari 100 lux. Apalagi jika Perancangan intensitas penerangan diperuntukkan pada bangunan gedung-gedung di kampus, yang dominan beroperasi siang hari, penggunaan cahaya alami, sangat menekan kebutuhan cahaya buatan, dengan kata lain kebutuhan cahaya buatan cukup hemat atau bahkan sangat hemat.

Sekalipun nyaman pada efikasi di bawah 11%, tetapi masih jauh dari standard, sehingga pantas dimasukkan pada kawasan berstatus sangat hemat. Sedangkan standard yang berlaku sampai saat ini mengacu standard subtropis dan ras bangsa yang berbeda dengan ras tropis.

**C. Uji Sampel Lampu Terpilih**

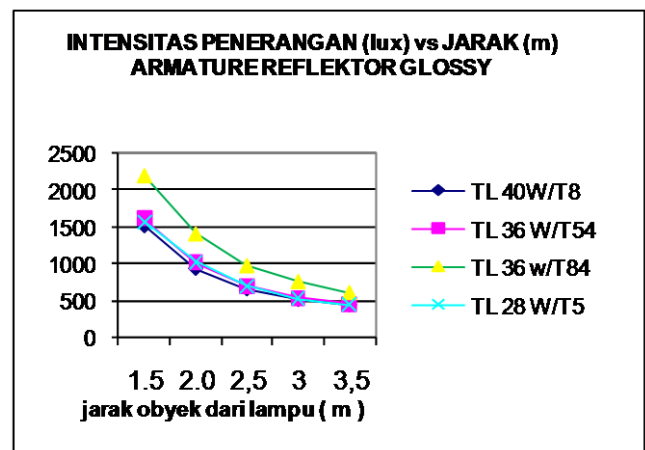
Intensitas penerangan untuk kegiatan membaca atau menulis menurut SNI 03-6759-2002 sebesar 200 lux. Dari Gbr. 4 pengujian sumber cahaya lampu dengan armature reflector glossy diperoleh jarak obyek yang memenuhi sejauh 3,5 m dari lampu.

Dari Gbr. 5 pengujian sumber cahaya lampu dengan armature reflector dop diperoleh jarak obyek yang memenuhi sejauh 2 m dari lampu.

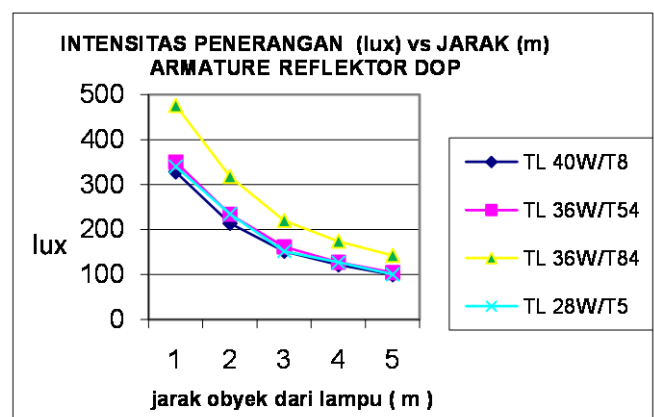
Dari Gbr. 6 tersebut tampak bahwa lampu TL 36/T84 mempunyai efikasi terlalu tinggi dan berharga relatif mahal, maka tetap dipilih lampu jenis TL 28W/T5. Lampu terakhir ini masih relevan untuk menjadi pilihan saat ini. Urutan lampu dari yang paling efisien adalah TL 36 W/T84 ; TL 28 W/T5; TL 36 W/T54; TL 40 W/T8,

Dari hasil penelitian berbasis parameter prioritas dapat dibuat standard empiris efikasi peralatan penerangan, seperti Gbr. 8 dalam rentang efikasi dibedakan menjadi 6 status, yaitu: buruk, sangat hemat, hemat, ideal, mewah, atau boros, seperti terlihat pada Gbr. 6. Efikasi buruk dinyatakan dalam rentang kurang dari 2W/m<sup>2</sup>, sangat hemat antara 2W/m<sup>2</sup> dan 3W/m<sup>2</sup>, hemat antara 3W/m<sup>2</sup> dan 7,5W/m<sup>2</sup>, ideal antara 7,5W/m<sup>2</sup> dan 11W/m<sup>2</sup>, mewah antara 11W/m<sup>2</sup> dan 15W/m<sup>2</sup> atau boros lebih dari 15W/m<sup>2</sup>. Dengan harapan hasil penelitian ini bisa digunakan untuk membantu menyelesaikan persoalan waktu desain instalasi listrik.

Efikasi buruk dinyatakan dalam rentang kurang dari 2W/m<sup>2</sup>, sangat hemat antara 2W/m<sup>2</sup> dan 3W/m<sup>2</sup>, hemat antara 3W/m<sup>2</sup> dan 7,5W/m<sup>2</sup>, ideal antara 7,5W/m<sup>2</sup> dan 11W/m<sup>2</sup>, mewah antara 11W/m<sup>2</sup> dan 15W/m<sup>2</sup> atau boros lebih dari 15W/m<sup>2</sup>. Dengan harapan hasil penelitian ini bisa digunakan untuk membantu menyelesaikan persoalan waktu desain instalasi listrik.

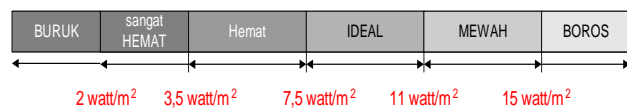


Gbr. 6 Intensitas penerangan armature Glossy



Gbr. 7 Intensitas penerangan armature Dop

Standard empiris lampu penerangan : Jenis TL Daylight dengan ketinggian lampu 3-4 m



Gbr. 8 Standard empiris efikasi

**V. KESIMPULAN**

Dari penelitian sampel gedung produk dekade sebelum tahun 1980 sampai dekade 2010 bahwa mayoritas efikasi penerangan di gedung tersebut menunjuk pada nilai sekitar 30% dari efikasi standard maksimal, yaitu 20W/m<sup>2</sup>. Hal ini mencerminkan bahwa perencanaan instalasi penerangan sudah memperhatikan pengaruh cahaya alami di daerah tropis, sementara itu standard efikasi menurut IEC 20W/m<sup>2</sup> sangat berlebihan (over design) untuk diterapkan di wilayah tropis.

Dari penelitian kenyamanan terhadap efikasi, didominasi oleh 49,4% populasi yang memilih efikasi ≤ 2 (11%),

berikutnya oleh 36,1% populasi memilih efikasi 4 (22%), disusul 14,6% populasi memilih efikasi 9 (44%), sedangkan efikasi di atas 13. (67%) tidak dipilih. Hal ini bisa dimaknai bahwa kebutuhan intensitas penerangan bagi orang yang tinggal di wilayah tropis cukup rendah saja, atau cukup hemat.

Dari penelitian uji lampu terpilih tampak bahwa lampu TL 36/T84 mempunyai efikasi terlalu tinggi dan berharga relatif mahal, maka tetap dipilih lampu jenis TL 28W/T5. Lampu terakhir ini masih relevan untuk menjadi pilihan saat ini. Urutan lampu dari yang paling efisien adalah TL 36 W/T84 ; TL 28 W/T5; TL 36 W/T54; TL 40 W/T8, Standard empiris efikasi buruk dinyatakan dalam rentang kurang dari 2W/m<sup>2</sup>, sangat hemat antara 2W/m<sup>2</sup> dan 3W/ m<sup>2</sup>, hemat antara 3W/m<sup>2</sup> dan 7,5W/ m<sup>2</sup>, ideal antara 7,5W/ m<sup>2</sup> dan 11W/m<sup>2</sup>,

mewah antara 11W/m<sup>2</sup> dan 15W/m<sup>2</sup> atau boros lebih dari 15W/m<sup>2</sup>.

#### REFERENSI

- [1] SNI 04-0225-2000, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000), Badan Standardisasi Nasional, 2000.
- [2] IEC 60364, Electrical Installation Guide according to IEC International Standard, Schneider, 2007 ([http:// the.guide.schneider-electric.com](http://the.guide.schneider-electric.com))
- [3] Erika Kesuma, Pencahayaan buatan, Makalah Seminar Penghematan Energi Listrik, 2010
- [4] Yohanes Herman, Penghematan Pada Sistem Pencahayaan, Makalah Workshop, Depdiknas, 2009