

Aplikasi Konsep Desain Pencahayaan Berbasis Eksistensi Permukaan Ruang Rata-rata pada Kasus Kamar Tamu Premium Hotel

Rizki A. Mangkuto^{1*}, Muhammad Rafi Azzami², Re Rakannabyan Sugihartadi³

Program Studi Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung ^{1, 2, 3}

E-Mail: ^{1*}rizkiam2002@itb.ac.id, ²rafiazzami2001@gmail.com, ³rerakan1010@gmail.com

Submitted: 01-11-2024
 Revised: 28-11-2024
 Accepted: 09-12-2024
 Available online: 16-12-2024

How To Cite: Mangkuto, R. A., Azzami, M. R., & Sugihartadi, R. R. (2024). Aplikasi Konsep Desain Pencahayaan Berbasis Eksistensi Permukaan Ruang Rata-rata pada Kasus Kamar Tamu Premium Hotel. *Nature: National Academic Journal of Architecture*, 11(2). 242-254. Retrieved from <https://doi.org/10.24252/nature.v11i2a9>

Abstrak_ Konsep desain pencahayaan pada ruang dalam saat ini telah mengadopsi konsep eksistensi permukaan ruang rata-rata (MRSE) yang menekankan pada kecerahan perseptual atau pencahayaan latar ruang secara keseluruhan, alih-alih menggunakan parameter iluminansi bidang kerja yang seringkali kurang efisien dalam penggunaan energi. Salah satu penerapan desain pencahayaan yang memerlukan perhatian khusus adalah kamar tamu hotel, yang harus memberikan kenyamanan dan estetika, sekaligus mengakomodasi berbagai aktivitas visual penghuninya. Tujuan studi ini adalah menerapkan konsep desain pencahayaan elektrik berbasis MRSE pada kasus suatu kamar tamu premium hotel, untuk meningkatkan kenyamanan visual dan efisiensi energi. Metode yang dilakukan adalah menentukan rasio iluminansi target terhadap latar (TAIR) pada masing-masing objek dalam kamar, menentukan fluks cahaya, serta menentukan MRSE dan TAIR dari simulasi pencahayaan menggunakan perangkat *DIALux evo* pada skenario pencahayaan di (1) ruang kamar mandi, (2) ruang utama untuk berkegiatan membaca dan menulis, (3) ruang utama untuk beristirahat, dan (4) ruang utama untuk membaca sebelum beristirahat. Perhitungan desain awal menunjukkan nilai MRSE berturut-turut sebesar 100, 100, 30, dan 30 lm/m² pada Skenario 1, 2, 3, dan 4. Hasil simulasi menunjukkan nilai MRSE berturut-turut sebesar 147,5, 109,5, 30,2, dan 32,5 lm/m² pada masing-masing skenario, mendekati hasil perhitungan desain awal, sehingga dapat memenuhi target kenyamanan visual dan efisiensi energi.

Kata kunci: Desain Pencahayaan Ruang Dalam; Eksistensi Permukaan Ruang Rata-Rata; Pencahayaan Latar; Simulasi; Kamar Hotel

Abstract_ The current interior lighting design concept has adopted the concept of mean room surface exitance (MRSE), emphasizing perceptual brightness or ambient illuminance of the space, instead of using the workplane illuminance parameter, which is often inefficient in terms of energy use. A lighting design application example is hotel guestrooms, which shall provide comfort and aesthetics, while accommodating various visual activities. The purpose of this study is to apply MRSE-based electric lighting design concept to the case of a premium hotel guestroom, to improve visual comfort and energy efficiency. The method is determining the target/ambient illuminance ratio (TAIR) for each object, determining the luminous flux, MRSE, and TAIR values from the lighting simulations using *DIALux evo* in various scenarios, namely in the (1) bathroom, (2) main (bed)room for reading and writing, (3) main room for sleeping, and (4) main room for reading prior to sleeping. Initial design calculation gives MRSE of respectively 100, 100, 30, and 30 lm/m² in Scenarios 1, 2, 3, and 4. Simulation results show that the MRSE value from the modeling is 147.5, 109.5, 30.2, and 32.5 lm/m² in each scenario, relatively close with initial design calculations, satisfying the visual comfort target and increasing the energy efficiency.

Keywords: Interior Lighting Design; Mean Room Surface Exitance; Ambient Illuminance; Simulation; Hotel Room

PENDAHULUAN

Konsep desain pencahayaan elektrik pada ruang dalam atau interior saat ini telah banyak ditekankan pada kecerahan perseptual atau pencahayaan latar (*ambient lighting*) dari ruang secara keseluruhan. Dalam konsep ini, sumber cahaya atau lumener didesain untuk menghadirkan persepsi pengguna atau penghuni terhadap kecerahan dari seluruh permukaan ruang dalam (Cuttle, 2023; Raynham et al., 2019), alih-alih menghadirkan kecerahan hanya pada bidang kerja (*task lighting*). Parameter yang digunakan untuk menyatakan kecerahan dari seluruh permukaan ruang dalam adalah eksitasi permukaan ruang rata-rata (*mean room surface exitance* atau MRSE) (Cuttle, 2008; 2010; 2013).

Salah satu keunggulan dari konsep desain pencahayaan elektrik berbasis MRSE adalah desainer atau perancang sistem pencahayaan dapat menerapkan konsep desainnya secara fleksibel, tidak terbatas hanya pada ruang-ruang yang memiliki bidang kerja definitif seperti ruang kantor atau ruang kelas (Cuttle, 2022a; 2022b), serta dapat menghemat konsumsi energi listrik. Hal ini berbeda dengan konsep desain pencahayaan elektrik konvensional, yang lazimnya menggunakan parameter iluminansi pada bidang kerja, yang seringkali kurang efisien dari sisi penggunaan energi karena memerlukan sumber cahaya atau lumener dalam jumlah banyak. Menurut literatur, nilai MRSE juga menggambarkan besarnya iluminansi latar. Hal ini membuat MRSE dianggap lebih tepat sebagai metrik atau indikator kinerja desain pencahayaan, sehingga telah diadopsi pula dalam standar EN 12464-1 (CEN 2021).

Salah satu penerapan konsep desain pencahayaan yang memerlukan perhatian khusus adalah kamar tamu pada bangunan hotel. Hal ini karena hotel adalah bangunan komersil yang memiliki peran krusial dalam menunjang industri pariwisata di suatu daerah, serta seringkali mencerminkan karakteristik lokal dari daerah yang bersangkutan (Park et al., 2010). Selain itu, di satu sisi, kamar tamu hotel dirancang untuk memberikan kenyamanan dan estetika bagi penghuninya. Di sisi lain, kamar tamu hotel juga harus mampu mengakomodasi berbagai aktivitas para penghuninya, seperti beristirahat, membaca, menonton televisi, dan sebagainya; yang masing-masing memerlukan tingkat pencahayaan yang berbeda-beda. Oleh karena itu, aspek pencahayaan dalam ruang kamar hotel premium perlu diperhatikan dan dirancang dengan saksama (Prasetya dan Winandari, 2019), khususnya pada hotel-hotel premium yang memiliki kamar tamu dengan ukuran masing-masing lebih dari 40 m² (Hotel Nuggets, 2024; Vine, 1981). Dengan adanya desain pencahayaan yang khusus, kamar tamu hotel idealnya dapat digunakan untuk berbagai aktivitas dengan kebutuhan visual yang beragam serta dengan posisi objek/target visual yang berbeda-beda.

Meskipun demikian, studi yang secara rinci membahas tentang desain pencahayaan pada kamar tamu hotel, khususnya di Indonesia, masih belum banyak ditemukan (Fransiska et al., 2023). Studi-studi terkait pencahayaan kamar tamu hotel di Indonesia pada umumnya masih bersifat konseptual atau kualitatif (Prasetya dan Winandari, 2019; Sari dan Indraprasti; 2016; Wulandari dan Isfiaty, 2021). Belum terdapat studi yang secara khusus menjelaskan algoritme atau langkah-langkah teknis pemilihan sumber cahaya atau lumener yang relevan serta dampaknya terhadap pencahayaan latar atau kecerahan permukaan ruang dalam kamar tamu hotel. Sementara itu, studi terkait penerapan MRSE, yang terkait langsung dengan pencahayaan latar ruang, umumnya berfokus pada kasus ruang umum seperti kantor (Cuttle, 2022a; 2022b).

Dengan demikian, tujuan dari studi ini adalah menerapkan konsep desain pencahayaan elektrik berbasis MRSE pada kasus suatu kamar premium hotel, menggunakan pemodelan dan simulasi komputasi. Secara khusus, sasaran dari studi ini adalah menentukan target nilai MRSE pada kamar hotel yang dijadikan studi kasus, menentukan besarnya fluks cahaya yang harus disediakan pada sistem pencahayaan elektrik, menentukan besarnya eksitasi dan kontras pada tiap permukaan dan objek yang ada di dalam ruang, serta menentukan dan membandingkan nilai MRSE

dan kontras dari hasil simulasi pencahayaan dan perhitungan desain awal, untuk berbagai skenario penggunaan ruang.

METODE

Dalam konsep desain pencahayaan elektrik pada ruang dalam berbasis MRSE, atau yang dikenal sebagai prosedur objektif desain pencahayaan (*lighting design objectives*, LiDOs), seorang desainer pencahayaan perlu menentukan sejak awal target nilai MRSE yang dikehendaki ($MRSE_{spec}$, dalam lm/m^2), berdasarkan kecerahan spasial yang dianggap sesuai (Cuttle, 2013; 2018; 2022b). Sebagai contoh, jika seorang desainer menghendaki agar ruang dalam memiliki kecerahan spasial yang redup (*dim appearance*), maka ia dapat memilih nilai $MRSE_{spec}$ sebesar $30 lm/m^2$ (Cuttle, 2013). Jika ia menghendaki agar ruang dalam memiliki kecerahan spasial yang cukup berterima (*acceptably bright*) untuk aktivitas visual yang lebih detail, maka ia dapat memilih nilai $MRSE_{spec}$ sebesar $100 lm/m^2$ (Cuttle, 2013), dan seterusnya. Nilai $MRSE_{spec}$ sendiri dapat dihipotesiskan sebagai rasio dari besarnya fluks pantulan pertama (FRF_{rs} , dalam lm) dari seluruh permukaan ruang, terhadap luas total permukaan ruang yang menyerap cahaya (Cuttle, 2013). Tetapi karena desainer dalam kasus ini telah menentukan sejak awal nilai $MRSE_{spec}$ yang dikehendakinya, maka langkah selanjutnya adalah menentukan nilai FRF_{rs} , yaitu sebagai berikut:

$$FRF_{rs} = MRSE_{spec} \sum_{j=1}^n A_j (1 - \rho_j) \quad (1)$$

dengan A_j ialah luas tiap permukaan ruang, ρ_j reflektansi tiap permukaan ruang, dan n banyaknya permukaan dalam ruang.

Langkah selanjutnya adalah menentukan seberapa cerah tampilan setiap permukaan dalam ruang, relatif terhadap iluminansi latar atau MRSE yang dikehendaki. Hal ini dinyatakan sebagai *target/ambient illuminance ratio* (TAIR), yaitu rasio antara iluminansi target dan iluminansi latar. Untuk setiap permukaan atau objek dalam ruang, nilai TAIR dapat dihitung sebagai berikut:

$$TAIR_j = \frac{E_{tgt,j}}{MRSE_{spec}} \quad (2)$$

dengan $E_{tgt,j}$ ialah iluminansi total (dalam lx) pada tiap permukaan. Nilai TAIR pada tiap permukaan dapat ditentukan sendiri oleh desainer pencahayaan. Secara umum, nilai $TAIR = 1$ menunjukkan permukaan memiliki iluminansi yang sama dengan iluminansi latar. Artinya, jika seorang desainer pencahayaan menghendaki suatu permukaan terlihat sama (tanpa kontras apa pun) dengan latar, maka ia dapat memberi nilai $TAIR = 1$ untuk permukaan tersebut. Adapun jika ia menghendaki suatu permukaan terlihat tepat dapat dibedakan (*just noticeable*) daripada latarnya, maka ia dapat memberi nilai $TAIR = 1,5$ pada permukaan tersebut. Semakin tinggi nilai TAIR, semakin kontras permukaan tersebut dibandingkan pencahayaan latar di sekitarnya.

Setelah memasukkan data nilai $TAIR_j$, A_j , dan ρ_j dari seluruh permukaan dalam ruang, maka nilai MRSE berdasarkan perhitungan desain ($MRSE_{act}$) dapat ditentukan. Nilai $MRSE_{act}$ dapat dihitung sebagai berikut (Mangkuto, 2024):

$$MRSE_{act} = \frac{MRSE_{spec} \sum_{j=1}^n \rho_j A_j (TAIR_j - 1)}{\sum_{j=1}^n A_j (1 - \rho_j)} \quad (3)$$

Untuk memastikan kecerahan spasial ruang yang sesuai dengan target awal, maka desainer pencahayaan dapat menentukan nilai TAIR yang dikehendakinya untuk tiap permukaan ke-1, 2, ..., n

- 1. Supaya nilai $MRSE_{act} = MRSE_{spec}$, maka permukaan yang terakhir (ke- n) haruslah diberikan nilai TAIR tertentu (Mangkuto, 2024), yaitu $TAIR_n$ yang bernilai:

$$TAIR_n = \frac{1}{\rho_n A_n} \left(\sum_{j=1}^n A_j (1 - \rho_j) - \sum_{j=1}^{n-1} \rho_j A_j (TAIR_j - 1) \right) + 1 \quad (4)$$

Dalam studi ini, ruang yang diteliti adalah kamar tamu tipe premium dari Padma Hotel Bandung, yang berlokasi di Jalan Rancabentang No. 56-58, Kota Bandung, Jawa Barat. Hotel ini dipilih sebagai studi kasus karena memenuhi kriteria sebagai hotel premium sebagaimana dijelaskan pada bagian Pendahuluan. Luas lantai tipikal tiap kamar bertipe tersebut ialah 33,6 m² (Padma Hotel Bandung, 2024). Denah lantai kamar dan foto ruang dalam kamar ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Denah lantai kamar, (b) foto ruang dalam kamar tipe premium yang dijadikan studi kasus
Sumber: Padma Hotel Bandung (2024)

Adapun luas permukaan dan reflektansi dari tiap permukaan/objek di ruang utama (ruang tidur, di luar kamar mandi) dan kamar mandi dirangkum pada Tabel 1 dan 2. Ruang utama terdiri dari lantai granit, karpet, dinding kayu, plafon gipsum dan kayu, serta sejumlah perabot seperti tempat tidur, meja tulis, cermin, sofa, dan nakas. Ruang kamar mandi terdiri dari lantai granit, dinding granit, plafon gipsum, toilet, bak mandi, dan wastafel.

Tabel 1. Luas Permukaan Serta Reflektansi Tiap Permukaan dalam Ruang Utama

Permukaan	A [m ²]	ρ [-]	$A(1 - \rho)$ [m ²]
Lantai granit	5,88	0,1	5,29
Karpet	2,88	0,5	1,44
Dinding utama	25,02	0,7	7,51
Cermin	6,67	0,9	0,67
Pintu	3,6	0,1	3,24
Dinding kayu	1,74	0,2	1,39
Dinding kayu (2)	1,85	0,6	0,74
Plafon gipsum	8,56	0,7	2,57
Plafon kayu	6,47	0,2	5,18
Tempat tidur	6,01	0,8	1,20
Meja tulis	2,69	0,6	1,08
Sofa	1,42	0,5	0,71
Nakas	0,28	0,6	0,11
Total	73,07		31,12

Tabel 2. Luas Permukaan Serta Reflektansi Tiap Permukaan dalam Kamar Mandi

Permukaan	A [m ²]	ρ [-]	A(1 - ρ) [m ²]
Lantai granit	2,09	0,1	1,88
Lantai toilet	1,96	0,7	0,59
Dinding granit	17,35	0,7	5,21
Dinding (2)	1,32	0,1	1,19
Cermin	0,57	0,9	0,06
Pintu	1,8	0,1	1,62
Plafon	6,42	0,7	1,93
Bak mandi	2,55	0,8	0,51
Wastafel	0,3	0,8	0,06
Meja wastafel	0,57	0,1	0,51
Toilet	0,51	0,8	0,10
Total	35,44		13,65

Terdapat empat skenario pencahayaan yang diuji pada studi ini, yang seluruhnya menggunakan pencahayaan elektrik tanpa pencahayaan alami. Pada praktiknya, boleh jadi terdapat lebih banyak lagi skenario. Meskipun demikian, karena studi ini bersifat ilustratif, maka untuk menyederhanakan persoalan, dipilih empat skenario yang dianggap relevan, yaitu:

Skenario 1: terjadi saat penghuni (tamu) menggunakan kamar mandi. Target MRSE (atau MRSE_{spec}) di kamar mandi minimal sebesar 100 lm/m² dengan kontras semerata mungkin pada seluruh permukaan dalam ruangan. Nilai target ini dipilih dengan pertimbangan fungsional serta keselamatan dalam penggunaan kamar mandi. Skenario ini dilakukan dengan menyalakan seluruh lumener yang berada di dalam kamar mandi, tanpa pencahayaan dari ruang utama, karena lumener dari kamar mandi sendiri sudah dapat mencukupi kebutuhan pencahayaan dalam skenario ini.

Skenario 2: terjadi saat penghuni menggunakan ruang utama untuk berkegiatan seperti membaca dan menulis, yang masih memerlukan pencahayaan yang mencukupi untuk melakukan tugas visual. Target MRSE di ruang utama minimal sebesar 100 lm/m² dengan kontras semerata mungkin pada seluruh permukaan dalam ruangan. Nilai target ini dipilih dengan pertimbangan fungsional, kinerja visual, serta kenyamanan visual penghuni (CEN, 2021).

Skenario 3: terjadi saat penghuni menggunakan ruang utama untuk beristirahat dan hanya memerlukan pencahayaan latar yang redup. Target MRSE di ruang utama sebesar 30 lm/m² dengan kontras semerata mungkin pada seluruh permukaan dalam ruangan. Nilai target ini dipilih dengan pertimbangan aspek psikologis penghuni serta efisiensi energi.

Skenario 4: terjadi saat penghuni menggunakan ruang utama untuk membaca sebelum beristirahat di tempat tidur. Target MRSE di ruang utama sebesar 30 lm/m² dengan kontras yang cukup merata pada seluruh permukaan dalam ruangan kecuali pada permukaan dinding belakang tempat tidur. Nilai target ini dipilih dengan pertimbangan kenyamanan visual, aspek psikologis penghuni, sekaligus efisiensi energi.

Besarnya nilai TAIR yang didesain untuk tiap permukaan bergantung pada jenis skenario sebagaimana dijelaskan sebelumnya. Nilai-nilai TAIR tersebut dirinci pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Nilai TAIR yang Didesain untuk Tiap Permukaan Dalam Ruang Utama

Permukaan	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Lantai	-	10,00	10,00	2,50
Karpet	-	2,00	2,00	2,00
Dinding utama	-	1,43	1,43	1,43~3,50
Cermin	-	1,11	1,11	1,11

Permukaan	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Pintu	-	10,00	10,00	2,50
Dinding kayu	-	5,00	5,00	5,00
Dinding kayu (2)	-	1,67	1,67	1,67
Plafon gipsum	-	1,43	1,43	1,43
Plafon kayu	-	5,00	5,00	5,00
Tempat tidur	-	1,25	1,25	1,25
Meja tulis	-	1,67	1,67	1,67
Sofa	-	2,00	2,00	2,00
Nakas	-	1,67	1,67	1,67

Tabel 4. Nilai TAIR yang Didesain untuk Tiap Permukaan Dalam Kamar Mandi

Permukaan	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Lantai	10,00	-	-	-
Lantai toilet	1,43	-	-	-
Dinding	1,43	-	-	-
Dinding (2)	10,00	-	-	-
Cermin	1,11	-	-	-
Pintu	10,00	-	-	-
Plafon	1,43	-	-	-
Bak mandi	1,25	-	-	-
Wastafel	1,25	-	-	-
Meja wastafel	10,00	-	-	-
Toilet	1,25	-	-	-

Perhitungan desain kemudian dilakukan untuk menghitung TAIR sebagai masukan desain untuk setiap skenario, yang masing-masing telah dibuat berdasarkan pertimbangan kinerja dan kenyamanan visual, aspek psikologis penghuni, serta efisiensi energi sebagaimana dijelaskan sebelumnya. Dari nilai-nilai TAIR yang didesain, diperoleh fluks total perhitungan dan kontras berdasarkan eksitasi permukaan dalam ruang. Hasil pada tahap perhitungan desain ini menjadi masukan dalam memilih spesifikasi, jumlah, dan tata letak luminer-lumener yang akan digunakan pada desain.

Selanjutnya dilakukan pemodelan dan simulasi komputasi pada perangkat lunak *DIALux evo*, yang telah terverifikasi menurut standar CIE 171:2006 (Mangkuto, 2016). Model ruang dibuat sesuai mungkin dengan ukuran ruangan aslinya dengan informasi-informasi yang tersedia. Setelah simulasi dilakukan, rata-rata iluminansi dari setiap permukaan dalam ruangan diolah untuk menentukan $MRSE_{act}$ ruang dan TAIR pada tiap permukaan berdasarkan simulasi, yang kemudian dibandingkan dengan $MRSE_{act}$ dan TAIR hasil perhitungan desain yang telah direncanakan sebelumnya untuk masing-masing skenario (Tabel 3 dan 4).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan perhitungan teoretis, didapatkan nilai $MRSE_{act}$ dan total fluks cahaya langsung (Φ_d) yang diperlukan pada masing-masing skenario. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada Tabel 5. Dapat diamati bahwa nilai $MRSE_{act}$ selalu tepat sama dengan $MRSE_{spec}$ yang ditargetkan pada tahap awal desain, sebagai konsekuensi dari penerapan Persamaan (4). Total fluks cahaya langsung

yang diperlukan pada Skenario 1 dan 2 relatif lebih tinggi daripada Skenario 3 dan 4, karena target MRSE yang ditentukan juga lebih tinggi.

Tabel 5. Hasil perhitungan $MRSE_{act}$ dan Total Fluks Cahaya Langsung pada Tiap Skenario

Parameter	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
$MRSE_{act}$ [lm/m^2]	100	100	30	30
Φ_d [lm]	6395	14171	4251	2423

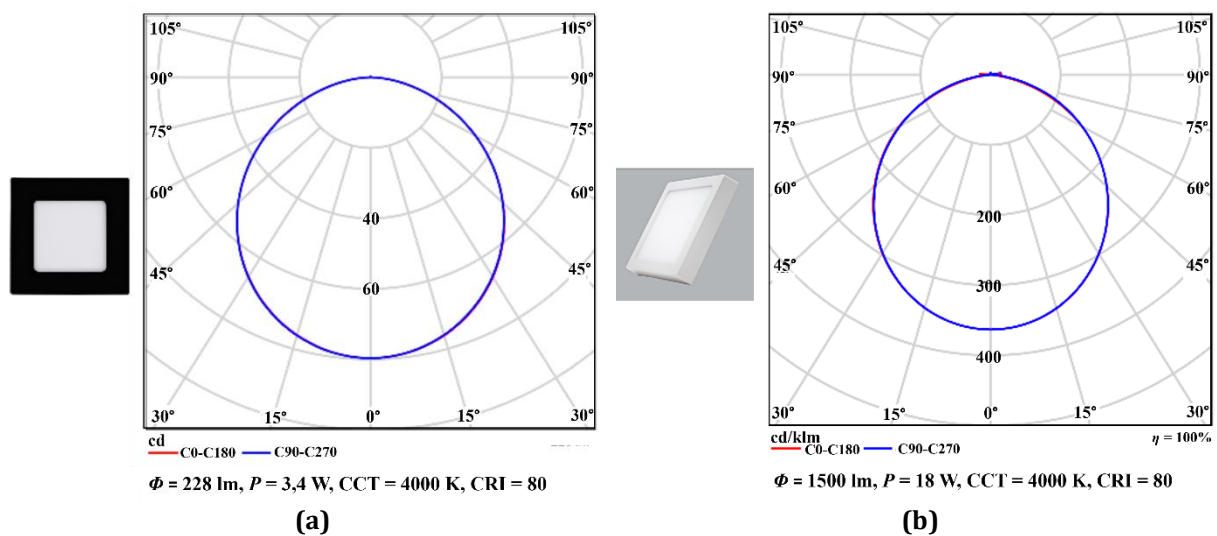
Pada Skenario 1, permukaan yang berwarna hitam (dinding, lantai, pintu, dan meja) terletak pada bagian tengah ruang. Oleh karena itu, tata letak lumener dapat difokuskan pada bagian tengah dalam ruang. Selain itu, karena banyak terdapat permukaan hitam yang memiliki ketinggian rendah atau merupakan bidang vertikal, diperlukan lumener yang terletak di lantai atau dinding.

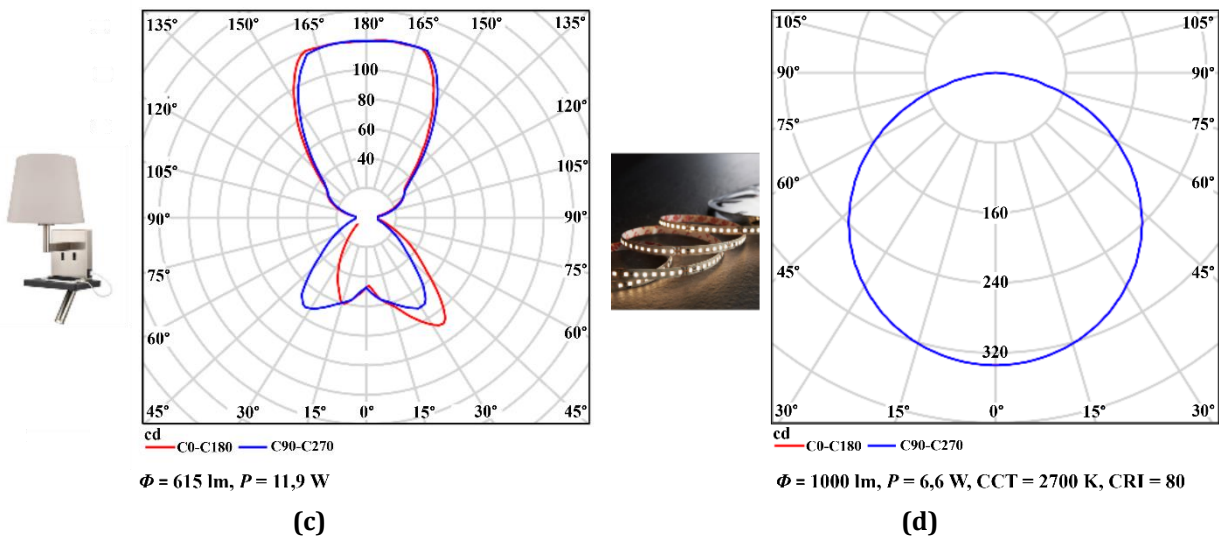
Pada Skenario 2, mayoritas permukaan ruangan dinding dan langit-langit memiliki warna putih. Adapun permukaan lantai cenderung berwarna gelap atau memiliki reflektansi rendah. Walaupun begitu, perabot-perabot seperti meja dan nakas cenderung memiliki reflektansi yang tinggi ($> 0,5$). Oleh karena itu, lumener yang disarankan pada skenario ini adalah lumener tipe *downlight* yang diposisikan pada bagian tengah ruang utama. Karena pada bagian bawah ruang terdapat pula berbagai perabot, diperlukan setidaknya dua jenis lumener *downlight*, satu dengan fluks yang lebih tinggi dan satu dengan fluks yang lebih rendah.

Pada Skenario 3, seperti halnya pada Skenario 2, permukaan yang menjadi fokus pencahayaan adalah lantai. Akan tetapi, pencahayaan yang berlebih dari lumener *downlight* dapat menimbulkan ketidaknyamanan visual dari pengamat yang berada di tempat tidur, sehingga intensitasnya perlu dikurangi atau dibatasi. Oleh karena itu, diperlukan lumener yang diletakkan di lantai untuk menerangi bagian bawah ruang saja.

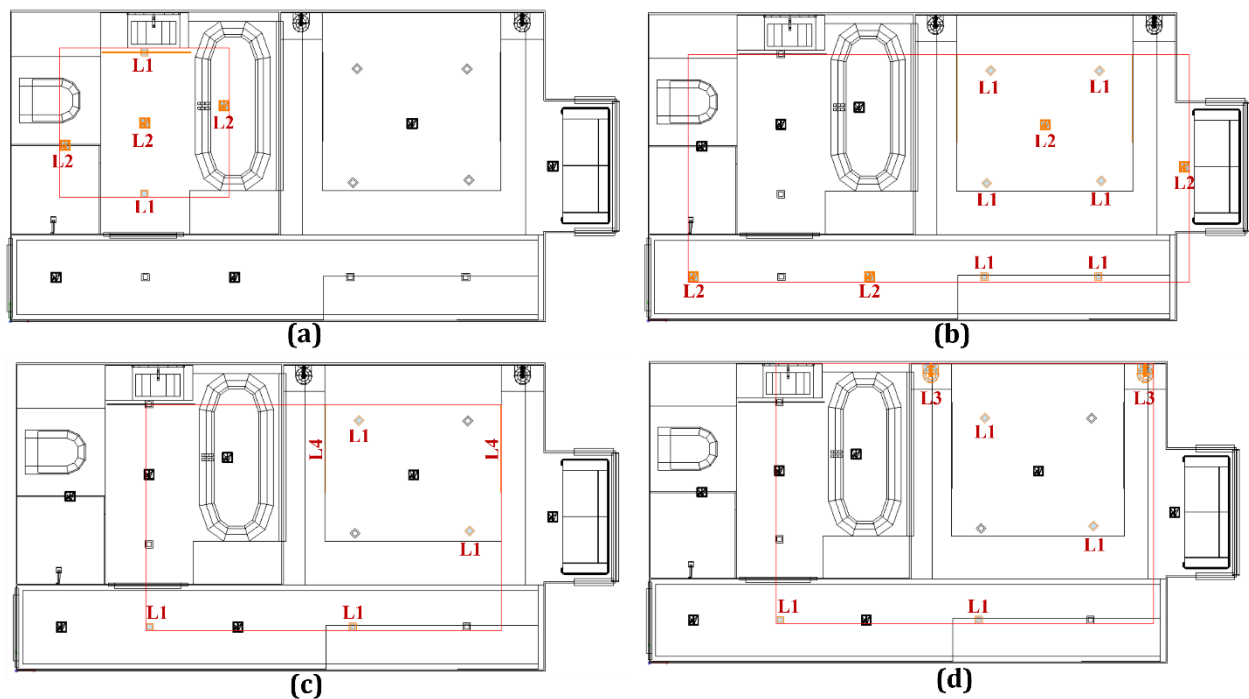
Pada Skenario 4, diperlukan pencahayaan yang lebih pada permukaan dinding belakang tempat tidur. Oleh karena itu, diperlukan lumener tambahan khusus untuk menerangi dinding tersebut.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut, maka dipilih empat jenis lumener yang dianggap sesuai untuk memenuhi objektif pada tiap skenario. Ilustrasi, spesifikasi umum, serta distribusi intensitas cahaya dari keempat jenis lumener tersebut ditampilkan pada Gambar 2. Adapun denah perletakan tiap lumener (L1, L2, L3, L4) beserta pengelompokan penyalaannya pada masing-masing skenario ditampilkan pada Gambar 3.





Gambar 2. Ilustrasi, Spesifikasi, dan Distribusi Intensitas Cahaya dari Luminer Yang Dipilih dan Dimodelkan: (a) L1: *downlight* 228 lm/3,4 W, (b) L2: *downlight* 1500 lm/18 W, (c) L3: luminer dinding 615 lm/11,9 W, (d) L4: strip LED 1000 lm/6,6 W
Sumber: DIAL GmbH (2024)



Gambar 3. Pengelompokan Penyalan Luminer pada Skenario (A) 1, (B) 2, (C) 3, dan (D) 4
Sumber: Penulis

Perlu dipahami bahwa keempat skenario tersebut dapat terjadi dalam praktik dan sepenuhnya bergantung pada preferensi penghuni ruang, sehingga studi ini menampilkan hasil desain dari masing-masing skenario, tanpa bermaksud untuk mencari skenario terbaik di antara keempatnya. Berdasarkan hasil simulasi *DIALux evo*, nilai TAIR yang didapat untuk tiap permukaan, beserta nilai MRSE hasil simulasi dan total fluks cahaya lumener dalam ruang utama dan dalam kamar mandi, ditampilkan berturut-turut pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Nilai TAIR yang Didapat untuk Tiap Permukaan, Serta MRSE dan Total Fluks Cahaya Luminer (Φ_d) Dalam Ruang Utama Berdasarkan Simulasi *Dialux Evo*

Permukaan	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Lantai	-	2,18	1,92	1,54
Karpet	-	3,30	7,79	1,58
Dinding utama	-	1,54~2,10	1,48~3,71	1,00~4,15
Cermin	-	1,43~1,68	1,00~1,18	1,00~1,78
Pintu	-	1,65~2,36	1,00~1,13	1,00~1,09
Dinding kayu	-	1,36	1,31	1,30
Dinding kayu (2)	-	1,91	2,15	2,27
Plafon gipsum	-	1,13	1,42	1,78
Plafon kayu	-	1,00~1,08	1,00~1,33	1,00~1,55
Tempat tidur	-	1,09~2,36	1,00~3,68	1,00~2,57
Meja tulis	-	1,19~2,00	1,01~1,53	1,55~1,81
Sofa	-	1,94~1,98	1,00~3,45	1,00~1,20
Nakas	-	1,58~2,05	2,00~2,02	3,41~3,60
MRSE [lm/m^2]	-	109,5	30,2	32,5
Φ_d [lm]	-	8598	2912	2142

Tabel 7. Nilai TAIR yang Didapat untuk Tiap Permukaan, Serta MRSE dan Total Fluks Cahaya Luminer (Φ_d) Dalam Kamar Mandi Berdasarkan Simulasi *DIALux evo*

Permukaan	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Lantai	2,01	-	-	-
Lantai toilet	0,97~1,95	-	-	-
Dinding	1,24~1,82	-	-	-
Dinding (2)	1,55	-	-	-
Cermin	2,08	-	-	-
Pintu	1,72	-	-	-
Plafon	1,27	-	-	-
Bak mandi	1,25~2,22	-	-	-
Wastafel	1,69~2,53	-	-	-
Meja wastafel	1,66~2,44	-	-	-
Toilet	1,38~2,45	-	-	-
MRSE [lm/m^2]	147,5	-	-	-
Φ_d [lm]	5956	-	-	-

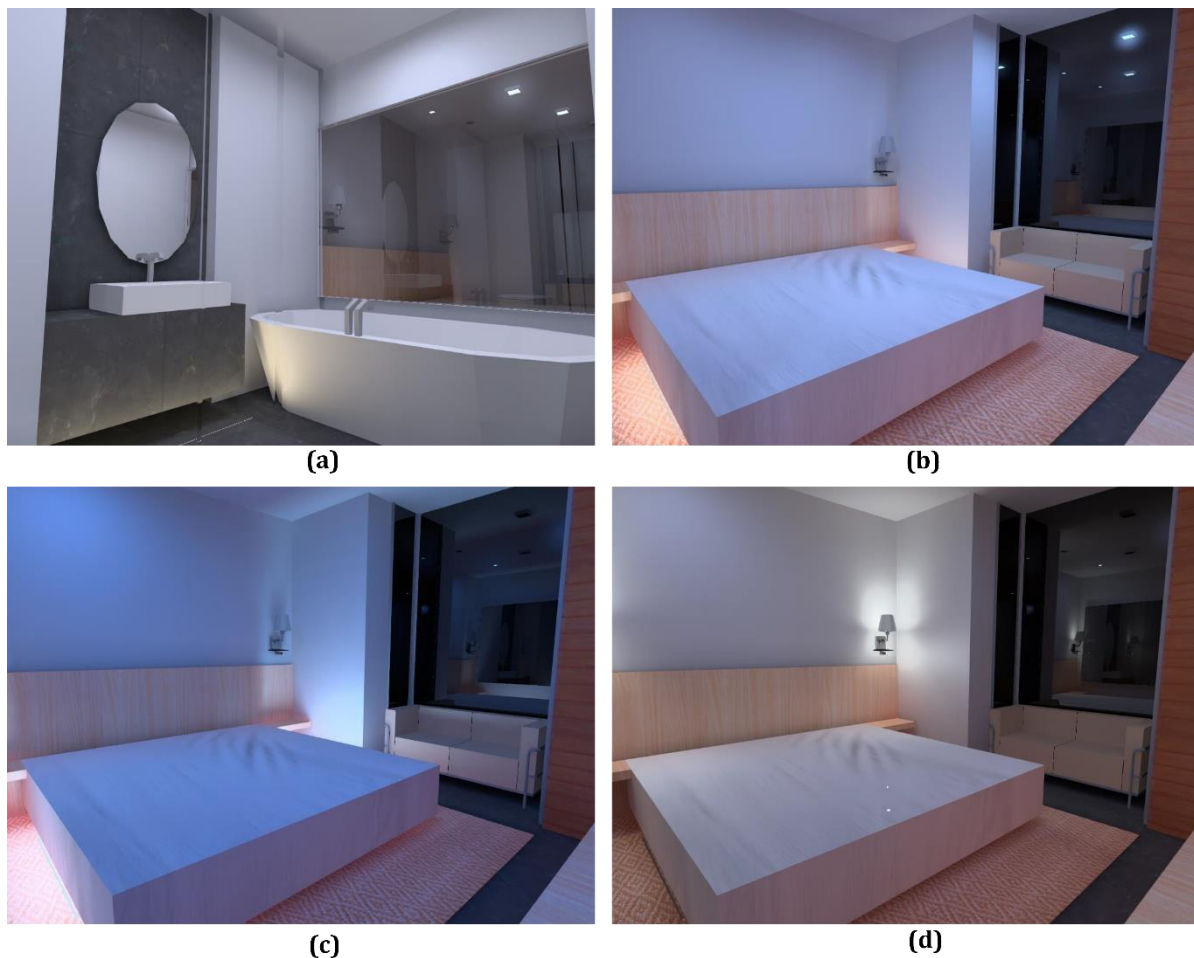
Nilai MRSE berdasarkan simulasi pada Skenario 1 (diilustrasikan pada Gambar 4a) ialah 147,5 lm/m^2 , atau 47,5% lebih tinggi dari target awal 100 lm/m^2 . Kontras yang dihasilkan tidak dapat sepenuhnya merata seperti pada desain awal, namun kontras yang tinggi terdapat pada objek-objek yang perlu diamati dengan jelas, seperti cermin, toilet, dan wastafel. Dibandingkan dengan perhitungan desain awal (6395 lm), total fluks cahaya lumener berdasarkan simulasi didapati sebesar 5956 lm , atau lebih rendah 7%, yang menunjukkan adanya potensi penghematan energi listrik dari sistem pencahayaan.

Nilai MRSE berdasarkan simulasi pada Skenario 2 (Gambar 4b) adalah 109,53 lm/m^2 , atau lebih tinggi 9,5% dari target awal. Kontras tinggi didapati pada perabot-perabot seperti cermin, tempat tidur, dan meja. Dibandingkan dengan perhitungan desain awal (14171 lm), total fluks cahaya lumener berdasarkan simulasi hanya sebesar 8598 lm , atau lebih rendah 40%, sehingga juga menunjukkan adanya potensi penghematan energi. Hasil simulasi pada Skenario 2 berbeda dengan

Skenario 1, karena ukuran luas serta reflektansi permukaan dalam ruang pada kedua skenario tersebut berbeda.

Nilai MRSE berdasarkan simulasi pada Skenario 3 (Gambar 4c) adalah $30,2 \text{ lm/m}^2$, atau praktis sama dengan target awal 30 lm/m^2 . Kontras tinggi didapati pada permukaan-permukaan yang rendah, seperti karpet serta sisi samping tempat tidur. Dibandingkan dengan perhitungan desain awal (4251 lm), total fluks cahaya lumener berdasarkan simulasi hanya sebesar 2912 lm , atau lebih rendah 31%.

Nilai MRSE berdasarkan simulasi pada Skenario 4 (Gambar 4d) adalah $32,5 \text{ lm/m}^2$, atau lebih tinggi 8,3% dari target awal. Kontras yang tinggi didapati pada permukaan dinding belakang tempat tidur sesuai desain awal. Dibandingkan dengan perhitungan desain awal (2423 lm), total fluks cahaya lumener berdasarkan simulasi hanya sebesar 2142 lm , atau lebih rendah sekitar 12%. Secara umum, hasil simulasi dan hasil perhitungan desain awal menunjukkan kemiripan. Perbedaan yang terjadi kemungkinan disebabkan oleh karakteristik distribusi intensitas cahaya dari lumener yang dimodelkan, yang berbeda dengan distribusi teoretis yang dikonsepsikan pada desain awal. Selain itu terdapat pula ketidakmerataan nilai reflektansi pada setiap permukaan dalam ruang, yang menyebabkan nilai fluks cahaya pada satu titik di suatu permukaan menjadi tidak sama dengan titik yang lain, meskipun masih berada di permukaan yang sama.



Gambar 4. Perspektif dari Ruang yang Disimulasikan pada Skenario (A) 1, (B) 2, (C) 3, Dan (D) 4
Sumber: Penulis

Meskipun nilai MRSE dalam kasus ini adalah taksiran (Dai et al., 2019; Duff, 2016; Duff et al., 2016), nilai tersebut pada umumnya masih dapat diterapkan dalam praktik (Cuttle, 2022a; Raynham et al., 2019), sehingga selisih antara hasil simulasi dan perhitungan desain masih dapat diterima.

Secara konsep, MRSE terkait erat dengan iluminansi rata-rata yang diterima secara tidak langsung pada mata pengamat, yang juga berbanding lurus dengan reflektansi permukaan dalam ruang (Cai et al., 2018; Dai et al., 2018; Hu et al., 2023; Mangkuto dan Paramita, 2022; Yao et al., 2020), serta berkorelasi dengan persepsi subjektif dari kecerahan spasial dalam ruang (Hu et al., 2023), yang pada akhirnya terkait dengan kenyamanan dan pengalaman spasial dari penghuni ruang (Cuttle, 2023).

Secara garis besar, studi ini telah menunjukkan contoh aplikasi desain pencahayaan berbasis MRSE pada kasus kamar tamu hotel, dengan memastikan bahwa nilai $MRSE_{act} = MRSE_{spec}$ (Mangkuto, 2024). Konsep desain ini tidak hanya dapat diterapkan pada kasus kamar tamu hotel, tetapi juga dapat diterapkan secara umum pada tipe ruang yang berbeda-beda (Cuttle, 2023; Mangkuto, 2024). Pada studi kasus ini, desain pencahayaan pada Skenario 1 dan 2 dapat direkomendasikan untuk pencahayaan latar yang memadai secara fungsional, yaitu pada saat menggunakan kamar mandi dan melakukan aktivitas membaca atau menulis di ruang utama. Adapun desain pencahayaan pada Skenario 3 dan 4 dapat direkomendasikan untuk aktivitas yang memerlukan pencahayaan latar minimum di ruang utama. Dengan demikian, metode desain pencahayaan yang diusulkan dalam studi ini dapat dilakukan tanpa mengabaikan fleksibilitas dan kreativitas dalam desain itu sendiri, dengan memberi ruang pada desainer untuk menetapkan TAIR yang dikehendaki untuk tiap permukaan/objek dalam ruang.

KESIMPULAN

Pada studi ini telah ditunjukkan aplikasi konsep desain pencahayaan elektrik berbasis MRSE pada kasus ruang dalam dari suatu kamar tamu hotel premium yang memiliki kebutuhan visual berbeda-beda, bergantung pada jenis aktivitas yang dilakukan oleh penghuni. Hasil perhitungan desain awal pada empat skenario yang ada ialah sebesar 100 lm/m^2 di kamar mandi pada Skenario 1, 100 lm/m^2 di ruang utama pada Skenario 2, 30 lm/m^2 di ruang utama pada Skenario 3, dan 30 lm/m^2 di ruang utama pada Skenario 4. Adapun besarnya fluks cahaya yang harus disediakan pada tiap skenario berturut-turut 6395 lm, 14171 lm, 4251 lm, dan 2423 lm. Desain pencahayaan pada Skenario 1 dan 2 dapat direkomendasikan untuk aktivitas dengan pencahayaan latar yang memadai secara fungsional serta memerlukan kinerja visual yang tinggi, yaitu pada saat menggunakan kamar mandi dan melakukan aktivitas membaca atau menulis di ruang utama. Adapun desain pencahayaan pada Skenario 3 dan 4 dapat direkomendasikan untuk aktivitas yang memerlukan pencahayaan latar minimum di ruang utama, berdasarkan pertimbangan kenyamanan visual dan efisiensi energi.

Hasil simulasi pencahayaan menggunakan perangkat lunak *DIALux evo* menunjukkan nilai MRSE dari hasil pemodelan pada tiap skenario berturut-turut sebesar $147,5 \text{ lm/m}^2$, $109,5 \text{ lm/m}^2$, $30,2 \text{ lm/m}^2$, dan $32,5 \text{ lm/m}^2$. Terdapat perbedaan antara hasil simulasi dan hasil perhitungan desain awal, yang kemungkinan disebabkan oleh karakteristik distribusi intensitas cahaya dari lumener yang dimodelkan serta ketidakmerataan nilai reflektansi pada setiap permukaan dalam ruang. Secara garis besar, studi ini telah menunjukkan contoh aplikasi desain pencahayaan berbasis MRSE pada kasus kamar tamu hotel, dengan memastikan nilai $MRSE_{act} = MRSE_{spec}$. Meskipun studi kasus yang ditinjau dalam hal ini adalah kamar hotel, tetapi konsep desain ini dapat pula diterapkan secara umum pada tipe ruang yang berbeda-beda.

Penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada implementasi desain pada kamar tamu hotel yang bersangkutan, serta melakukan evaluasi dan survei dari para penghuni atau tamu. Selain itu, konsep desain yang sejenis juga dapat diterapkan pada berbagai tipe hotel yang berbeda, untuk mengamati sejauh mana efektivitas dan keberterimaan konsep ini secara luas.

DAFTAR REFERENSI

- Cai, W., Yue, J., Dai, Q., Hao, L., Lin, Y., Shi, W., Huang, Y., Wei, M. (2018). The Impact Of Room Surface Reflectance On Corneal Illuminance And Rule-of-Thumb Equations for Circadian Lighting Design. *Building and Environment* 141: 288–297. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.05.056.
- Comité Européen de Normalisation (CEN). (2021). EN 12464-1: Light and Lighting. Lighting of Work Places – Indoor Work Places. Brussels: CEN.
- Cuttle, C. (2008). *Lighting by Design*, 2nd ed. Oxford: Architectural Press.
- Cuttle, C. (2010). Towards the Third Stage of The Lighting Profession. *Lighting Research and Technology* 42(1): 73–93. DOI: 10.1177/1477153509104013.
- Cuttle, C. (2013). A New Direction for General Lighting Practice. *Lighting Research and Technology* 45(1): 22–39. DOI: 10.1177/1477153512469201.
- Cuttle, C. (2022a). An Introduction to LiDOs. *Lighting Research and Technology* 54(8): 628–629. DOI: 10.1177/14771535221132885.
- Cuttle, C. (2022b). Extending the Lighting Design Objectives Procedure for Holistic Lighting Solutions. *Lighting Research and Technology* 54(7): 631–656. DOI: 10.1177/14771535211061044.
- Cuttle, C. (2023). Towards a Design Procedure Based on Peoples’ Responses to Indoor Lighting. *LEUKOS* 19(4): 405–414. DOI: 10.1080/15502724.2022.2135530.
- Dai, Q., Huang, Y., Hao, L., Lin, Y., Chen, K. (2018). Spatial and Spectral Illumination Design for Energy-Efficient Circadian Lighting. *Building and Environment* 146: 216–225. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.10.004.
- Dai, Q., Huang, Y., Hao, L., Cai, W. (2019). Calculation and Measurement of Mean Room Surface Exitance: The Accuracy Evaluation. *Lighting Research and Technology* 51(6): 956–968. DOI: 10.1177/1477153518787836.
- DIAL GmbH. (2024). DIALux. Available at: <https://www.dialux.com/en-GB/>.
- Duff, J., Antonutto, G., Torres, S. (2016). On the Calculation And Measurement of Mean Room Surface Exitance. *Lighting Research and Technology*. 48(3): 384–388. DOI: 10.1177/1477153515593579.
- Duff, J.T. (2016). Research Note: On the Magnitude of Error in The Calculation of Mean Room Surface Exitance. *Lighting Research and Technology* 48(6): 780–782. DOI: 10.1177/1477153516659519.
- Fransiska, Y., Andanwert, N., Andraini, N.I. (2023). Implementation of a Lighting Concept in Business Hotel Lobby And Lounge Area. *International Journal of Application on Social Sciences and Humanities* 1(3): in press. DOI: 10.24912/ijassh.v1i3.29944.
- Hotel Nuggets (2024). Guide to Hotel Room Sizes. Available at: <https://www.hotelnuggets.com/blog/hotel-room-sizes>.
- Hu, Z., Zhang, P., Wei, B., Ding, W., Dai, Q. (2023). Assessment of Spatial Brightness For A Visual Field In Interior Spaces Based on Indirect Corneal Illuminance. *Optics Express* 31(2): 997–1013. DOI: 10.1364/OE.477637.
- Mangkuto, R.A. (2016). Validation of *DIALux* 4.12 and *DIALux evo* 4.1 Against the Analytical Test Cases of CIE 171:2006. *LEUKOS* 12(3): 139–150. DOI: 10.1080/15502724.2015.1061438.
- Mangkuto, R.A. (2024). On the Assignment of Target/Ambient Illuminance Ratio in Designing Mean Room Surface Exitance. *LEUKOS*, in press. DOI: 10.1080/15502724.2023.2297961.
- Mangkuto, R.A., Paramita, B. (2022). Design Optimisation of Mean Room Surface Exitance and Total Corneal Illuminance Using Monte Carlo Simulation. *Building Simulation* 15(11): 1869–1882. DOI: 10.1007/s12273-022-0899-7.
- Padma Hotel Bandung (2024). *Premier Balcony*. Available at: <https://www.padmahotelbandung.com/rooms/premier-balcony-room.php>.
- Park, N-K., Pae, J-Y., Meneely, J. (2010). Cultural preferences in hotel guestroom lighting design. *Journal of Interior Design* 36(1): 21–34. DOI: 10.1111/j.1939-1668.2010.010.
- Prasetya, N.N., Winandari, M.I.R. (2019). The Guest’s Preferences of Three-Star Hotel Rooms Based on Visual and Physical Perception. *International Journal on Livable Space* 4(2), 60–66.

- Raynham, P., Unwin, J., Guan, L. (2019). A New Metric to Predict Perceived Adequacy of Illumination. *Lighting Research and Technology* 51(4): 642–648. DOI: 10.1177/1477153519828416.
- Sari, R., Indraprasti, A. (2016). Desain Interior Hotel Horison Bekasi Berkesan Mewah dengan Sentuhan Etnik. *Jurnal Sains dan Seni ITS* 5(2): F405–F410. DOI: 10.12962/j23373520.v5i2.20463.
- Wulandari, R.R., Isifiaty, T. (2021). Peran Pencahayaan Terhadap Suasana Ruang Interior Beehive Boutique Hotel Bandung. *DIVAGATRA - Jurnal Penelitian Mahasiswa Desain1*(2): 179–191. DOI: 10.34010/divagatra.v1i2.5706.
- Vine, P.A.L. (1981). Hotel classification — art or science?. *International Journal of Tourism Management* 2(1): 18–29. DOI: 10.1016/0143-2516(81)90014-1.
- Yao, Q., Cai, W., Li, M., Hu, Z., Xue, P., Dai, Q. (2020). Efficient circadian daylighting: A Proposed Equation, Experimental Validation, and The Consequent Importance of Room Surface Reflectance. *Energy and Buildings* 210: 109784. DOI: 10.1016/j.enbuild.2020.109784.