

Analisis Kualitas Pencahayaan Menggunakan Pemodelan Numeris Sesuai SNI Pencahayaan, Data Pengukuran Langsung (*On-Site*) dan Simulasi

Bayu Ardiyanto¹, Sentagi Sesotya Utami², Mohammad Kholid Ridwan³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Fisika FT UGM
Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA

¹bayu.ardiyanto@mail.ugm.ac.id

²sentagi@ugm.ac.id

³kholid@ugm.ac.id

Intisari— Sektor bangunan berperan secara signifikan pada konsumsi energi nasional. Pada bidang pencahayaan, umumnya sebuah bangunan komersial biasanya menghasilkan beban 20% - 45% dari konsumsi energi total yang dibutuhkan dari gedung tersebut (UNEP, 2006). Untuk memaksimalkan pemanfaatan beban energi yang sebesar itu, sistem pencahayaan harus memperhatikan faktor performansi dan kenyamanan visual yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kualitas sistem pencahayaan pada dengan studi kasus Hotel Novotel Yogyakarta pada ruang pertemuan dan lobi dengan tiga metode, yaitu dengan perhitungan numeris dengan dasar acuan studi Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang pencahayaan, metode pengukuran langsung, dan simulasi komputer dengan menggunakan DIALux. Berdasarkan hasil penelitian, nilai iluminansi rata-rata ruang pertemuan dengan perhitungan numeris 78,1 lux, pengukuran langsung 72,33 lux, dan simulasi 89 lux dengan nilai baku mutu SNI 300 lux. Nilai iluminansi rata-rata lobi pada malam hari dengan perhitungan numeris yaitu 49,05 lux, pengukuran langsung 48,02 lux, dan simulasi 70 lux dengan nilai baku mutu SNI 100 lux. Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa nilai iluminansi rata-rata ruang pertemuan dan lobi pada malam hari belum berhasil memenuhi standar kenyamanan SNI. Nilai iluminansi rata-rata lobi pada siang hari yaitu dengan perhitungan numeris 151,3 lux, pengukuran langsung 91,37 lux, dan simulasi 222 lux. Hal ini berarti lobi pada siang hari berhasil mendekati standar kenyamanan SNI. Analisis perbandingan ketiga metode tersebut menunjukkan bahwa perhitungan numeris dengan dasar SNI dilakukan sebagai dasar dari perancangan sistem pencahayaan, simulasi dilakukan untuk memperoleh perhitungan yang optimal, dan evaluasi sistem pencahayaan dilakukan dengan pengukuran langsung di lapangan.

Kata kunci— iluminansi, pencahayaan alami, pencahayaan buatan, bangunan, simulasi.

Abstract— Building sector consumes significant amount of national energy load. Generally, in lighting sector, a commercial building produces 20% - 45% of total energy consumption needed (UNEP, 2006). In order to maximize the potential benefit of the energy load, lighting system design must consider performance factor and visual comfort. Aim of this research is to analyze the quality of lighting system by taking study case at Hotel Novotel Yogyakarta specifically in function room and lobby with three methods consist of numerical modelling based on SNI of lighting, on-site measurement, and computer simulation using DIALux. From the results, it is concluded that the average illuminance in function room by numerical calculation is 78.1 lux, by on-site measurement is 72.33 lux, and by simulation is 89 lux, while the SNI's value quality is 300 lux. Results of average illuminance in lobby at night by numerical calculation is 49.05 lux, by on-site measurement 48.02 lux, and by simulation is 70 lux. Based on these results, we know that the average illuminance of function room and lobby at night have not met the visual comfort's standards of SNI. Average illuminance in lobby during the day by numerical calculation is 151.3 lux, by on-site measurement is 91.37 lux, and by simulation is 222 lux. With these results, it's known that lobby during the day has met the visual comfort's standards of SNI. Comparative analysis of the three methods shows that numerical calculation based on SNI performed as the basis of a lighting system design while computer simulation performed to obtain an optimal calculation and evaluation is done by on-site measurement.

Keywords— illuminance, daylighting, artificial lighting, building, simulation.

I. PENDAHULUAN

Sektor bangunan menjadi bagian dari beban energi yang besar dalam usaha untuk meningkatkan konservasi dan efisiensi energi nasional. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM, 2012) [1], bangunan di Indonesia membutuhkan 50% permintaan konsumsi energi nasional dan lebih dari 70% konsumsi listrik secara keseluruhan. Konsumsi energi bangunan digunakan untuk menciptakan iklim buatan dalam ruangan untuk sistem pemanasan, pendinginan, ventilasi, dan pencahayaan.

Umumnya, konsumsi energi pada bangunan sendiri memakan sekitar 25% dari total biaya operasi bangunan. Untuk bidang pencahayaan, sebuah bangunan komersial biasanya menghasilkan beban 20% - 45% dari konsumsi energi total yang dibutuhkan dari gedung tersebut (UNEP, 2006) [2].

Hotel merupakan salah satu jenis bangunan komersial yang penggunaan energinya besar. Hal ini disebabkan oleh tuntutan pelayanan yang baik kepada tamu, meliputi keindahan ruangan (sistem pencahayaan), kenyamanan udara (sistem tata udara), kelengkapan fasilitas (kolam renang, bar, kamar), hidangan restoran, dan lain-lain, yang mana keseluruhan

komponen pendukung pelayanan [3]. Salah satu parameter yang mendukung faktor kenyamanan okupan adalah dari faktor performansi dan kenyamanan visual yang dihasilkan oleh sistem pencahayaan hotel tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat analisis mengenai sistem pencahayaan yang ada pada bangunan hotel dengan mengambil dasar standar petunjuk teknis SNI dalam bidang pencahayaan, yaitu SNI 6197:2011 tentang Konservasi Energi sistem pencahayaan pada bangunan gedung, SNI 03-2396-2001 tentang Tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung, dan SNI 03-6575-2001 tentang Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung.

Parameter yang akan dikaji yaitu pencahayaan dalam ruang yang mencakup pencahayaan buatan dan pencahayaan alami sesuai. Penelitian ini menggunakan Hotel Novotel Yogyakarta sebagai studi kasus untuk mengambil data riil tentang aplikasi pencahayaan dalam gedung. Parameter terukur akan diuji dengan cara perhitungan numeris dengan menggunakan SNI sebagai acuan studi, mengambil data secara langsung di ruangan yang akan dikaji menggunakan luxmeter, dan simulasi menggunakan *software open source* DIALux 4.11 yang merupakan *software* simulasi untuk perancangan dan perhitungan kebutuhan pencahayaan. Penelitian ini diharapkan dapat membuat analisis terhadap kualitas dan aplikasi sistem pencahayaan yang ada pada Hotel Novotel Yogyakarta.

Dalam penelitian ini, studi kasus dilakukan di Hotel Novotel dengan mengambil dua ruangan sebagai objek pengujian, yaitu lobi dan ruang pertemuan. Parameter ruang diambil berdasarkan fungsi dan aplikasi sistem pencahayaan pada ruangan tersebut, disesuaikan dengan petunjuk teknis yang tertera pada SNI. Parameter terukur akan diuji dengan cara perhitungan numeris dengan menggunakan SNI sebagai acuan studi, mengambil data secara langsung di ruangan yang akan dikaji menggunakan *luxmeter*, dan simulasi menggunakan *software open source* DIALux 4.11 yang merupakan *software* simulasi untuk perhitungan kebutuhan pencahayaan.

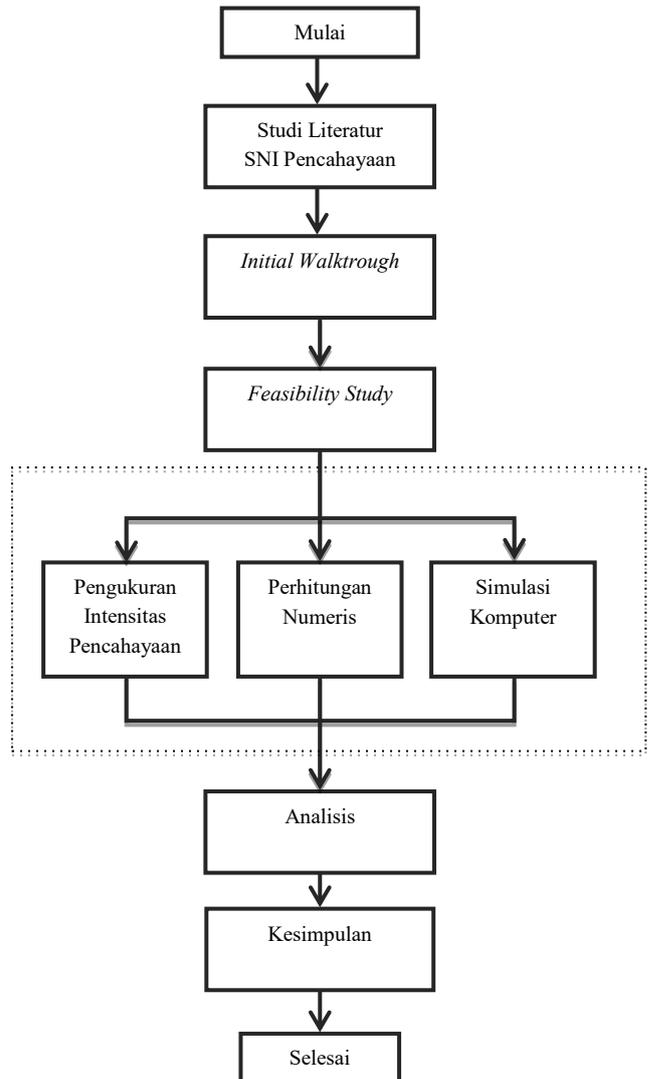
Standar Nasional Indonesia (SNI) pada bidang pencahayaan dibuat sebagai petunjuk teknis dalam membuat sistem pencahayaan pada interior bangunan gedung, baik dari perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, dan pengelolaan bangunan gedung, sehingga sistem pencahayaan dan kenyamanan di dalam bangunan gedung dapat dilakukan seefektif mungkin [7]. SNI tersebut dibuat dengan tujuan untuk melengkapi peraturan-peraturan kenyamanan dan konservasi energi yang telah ada dan merupakan persyaratan minimum bagi bangunan gedung. Pembahasan pada SNI tersebut meliputi kriteria perancangan, cara perancangan pencahayaan alami siang hari, pengujian, dan pemeliharaan.

SNI yang akan dijadikan acuan dalam penelitian ini ada 3, yaitu SNI 03-2396-2001 tentang Tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung [5], SNI 03-6574-2011 tentang Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung [6], dan SNI 03-6197-2000 tentang Konservasi energi pada sistem pencahayaan [7].

Penelitian ini bertujuan untuk membuat analisis kualitas sistem pencahayaan, mengetahui pola beban daya pada sistem pencahayaan, serta mengetahui perbandingan metode pengukuran pencahayaan dengan metode perhitungan numeris, pengukuran langsung, dan simulasi komputer dalam analisis pencahayaan pada bangunan Hotel Novotel Yogyakarta.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Tata laksana penelitian berisi uraian singkat dari tahapan penelitian mengenai analisis sistem kualitas pencahayaan yang ada di Hotel Novotel Yogyakarta. Gambar 1 menunjukkan tata laksana penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Tata laksana penelitian

Pada awal penelitian, dilakukan studi literatur mengenai sistem pencahayaan dan berbagai masalah yang ada disekitar topik yang akan diangkat. Studi ini mengerucut kepada kajian terhadap petunjuk teknis dan standar pencahayaan yang telah dibuat oleh Badan Standarisasi Nasional Indonesia (BSNI),

yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI) dalam bidang pencahayaan.

Setelah mendapatkan ruang studi dan masalah yang akan diteliti, penelitian dilanjutkan kepada studi kasus dan studi kelayakan terhadap tempat dilakukan penelitian. Studi kasus yang diambil pada Hotel Novotel Yogyakarta dalam penelitian ini adalah ruang pertemuan dan lobi hotel. Hotel Novotel Yogyakarta adalah hotel bintang 4 yang dibangun pada tahun 1997. Hotel ini terletak di Jl. Jendral Sudirman 89 Yogyakarta, S 7° 46' 56,62" E 110° 22' 39,67". Kedua ruang diambil sebagai studi kasus karena memiliki fungsi yang vital dalam bangunan hotel. Selain itu, sistem pencahayaan kedua ruang ini melingkupi berbagai jenis sistem pencahayaan yang kompleks sehingga banyak aspek dari hal yang ada di dalam SNI dapat dilihat aplikasinya disini.

Penelitian ini difokuskan dalam metode yang digunakan untuk pengumpulan data nilai intensitas pencahayaan, yaitu dengan pengukuran *on-site*, perhitungan numeris yang mengacu pada SNI, dan juga simulasi DIALux, untuk mendapatkan perbandingan hasil baik dari nilai intensitas

pencahayaan maupun dari perbandingan ketiga metode tersebut.

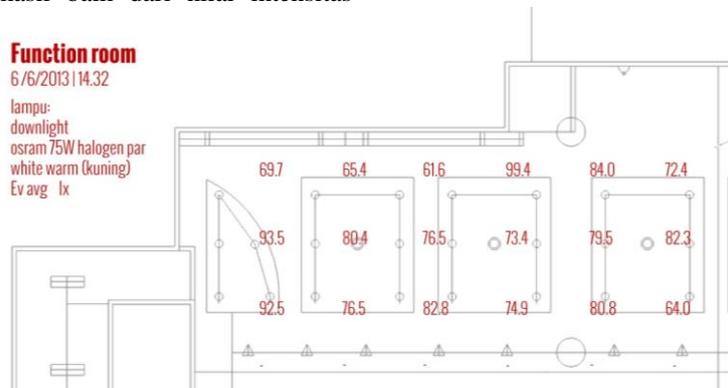
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengukuran Ruang Pertemuan

Pengukuran dilakukan pada tanggal 6 Juni 2013, dimulai dari pukul 14:32. Ruangan ditutup sekat sehingga pengukuran hanya bisa dilakukan pada 1 ruang, karena ruangan lain dalam kondisi *reserved*. Lampu menyala seluruhnya. Ruang yang diukur dibatasi sekat, sehingga geometri ruang berubah menjadi:

- Panjang : 19,31m
- Lebar : 8,43 m
- Tinggi : 4,2 m
- Tinggi Plafon : 3,94 m
- Jumlah *luminaire* : 26 *Downlight Par Halogen 75W*

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan Lightmeter LX-1100. Hasil pengukuran yang dilakukan:



Gambar 1. Hasil pengukuran ruang pertemuan

Nilai tingkat iluminansi rata-rata hasil pengukuran (E_{av}) adalah **78,31 lux**. Perhitungan numeris adalah perhitungan yang dilakukan secara manual sesuai dengan persamaan (2.1). Perhitungan ini dilakukan untuk melakukan verifikasi atas data yang didapatkan dari hasil pengukuran. Perhitungan yang dilakukan adalah menghitung tingkat iluminansi rata-rata (E_{av}) pada ruangan pertemuan.

$$E_{av} = \frac{\Phi_{total}}{A} UF \times MF \quad (2.1)$$

dengan,

- E_{av} = Rata-rata iluminansi horizontal (lux)
- Φ_{total} = Total flux luminansi yang menerangi bidang kerja (lumen)
- A = Luas ruangan (m^2)
- UF = Faktor utilitas
- MF = Faktor *maintenance*

Dari perhitungan numeris, didapatkan nilai tingkat iluminansi rata-rata (E_{av}) yaitu 72,33 lux.

B. Pengukuran Lobi Hotel

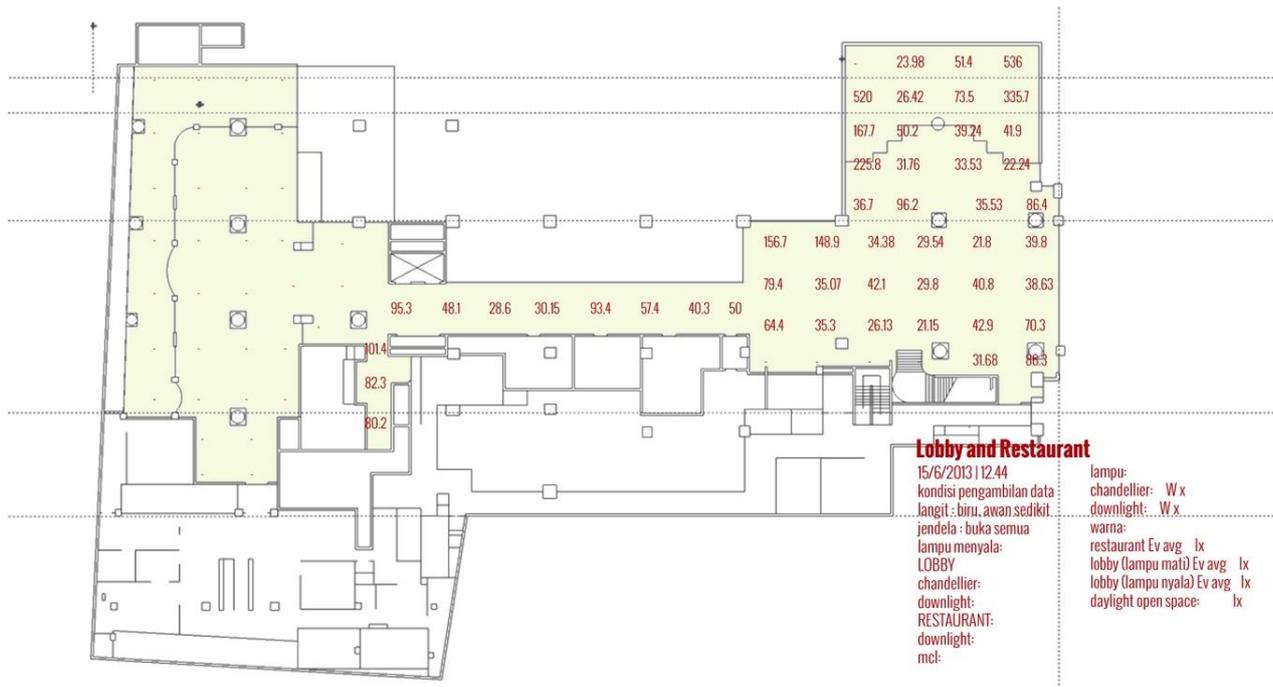
Pengukuran dilakukan tiga kali, yaitu pada 6 Juni 2013

pukul 16:15, 15 Juni pukul 12:44, dan 30 Juni 2013 pukul 17:46. Kondisi pengukuran dijelaskan pada Tabel I.

TABEL I
PENGUKURAN LOBI HOTEL

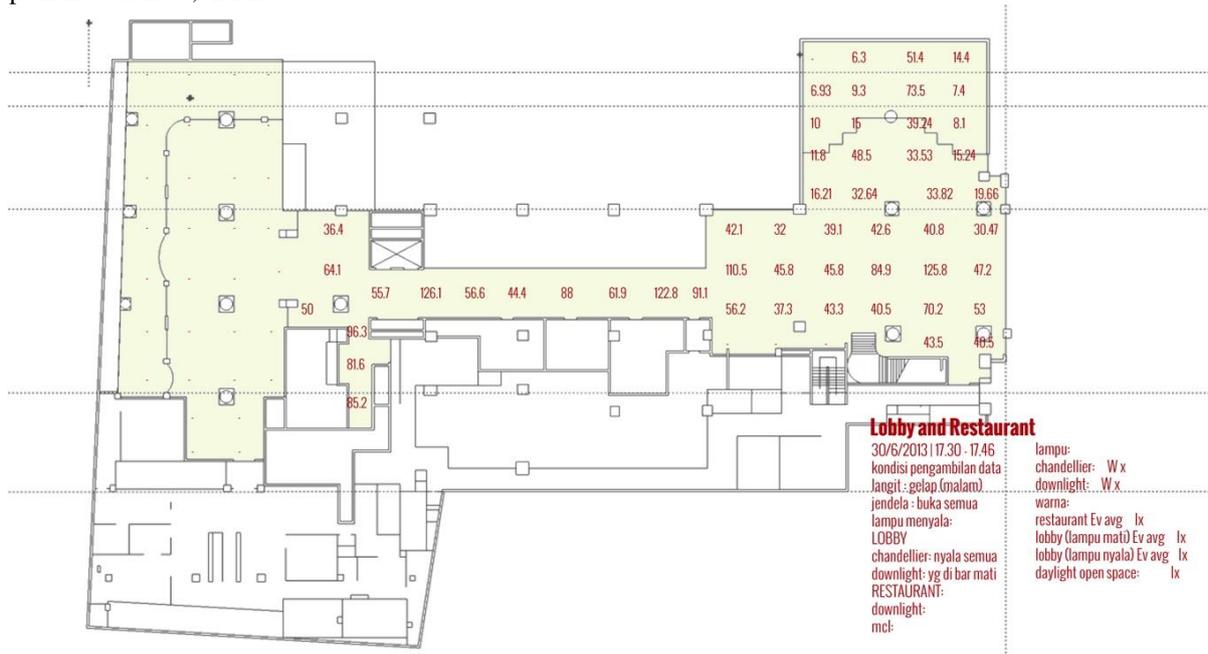
Tanggal	Waktu	Daylight open space	Lampu menyala	Keterangan
6-6-2013	16:15	3.370 lux	Chandelier dan Indirect Lighting	Downlight mati, pengukuran tidak maksimal karena situasi lobi yang ramai dan tidak kondusif
15-6-2013	17:46	171 lux	Menyala semua kecuali downlight bagian bar	Pencahayaan alami di lapangan sangat kecil, sehingga pencahayaan alami yang masuk ke ruangan dianggap tidak ada
30-6-2013	12:44	4.720 lux	Chandelier	Indirect lighting dan downlight mati

Pengukuran pertama dianggap tidak valid karena data dianggap tidak lengkap. Pada pengukuran kedua, nilai iluminansi rata-rata (E_{av}) yang didapatkan adalah 91,37 lux.



Gambar 2. Pengukuran lobi malam hari

Pada pengukuran kedua, nilai iluminansi rata-rata (E_{av}) yang didapatkan adalah 48,02 lux.



Gambar 3. Pengukuran lobi siang hari

Untuk pencahayaan buatan, dari perhitungan numeris didapatkan nilai tingkat iluminansi rata-rata (E_{av}) yaitu **64,45 lux**. Untuk perhitungan numeris pencahayaan alami, perhitungan faktor pencahayaan alami (DF) membutuhkan ketiga data faktor yaitu faktor langit (fl), faktor reflektansi luar (frl), dan faktor reflektansi dalam (frd). Tetapi menurut SNI pencahayaan alami, frl dan frd dapat diabaikan dalam

penghitungan nilai faktor pencahayaan alami (DF), sehingga dalam perhitungan ini, nilai frl dan frd diabaikan.

C. Simulasi Komputer

Simulasi dilakukan dengan menggunakan software DIALux 4.11. Simulasi ini bertujuan untuk membandingkan hasil dari pengukuran langsung dan perhitungan numeris pada sistem pencahayaan bangunan hotel, dengan hasil simulasi yang telah

dilakukan. Ada 2 simulasi yang dilakukan sesuai dengan ruang yang dijadikan studi kasus, yaitu simulasi pada ruang pertemuan dan lobi hotel.

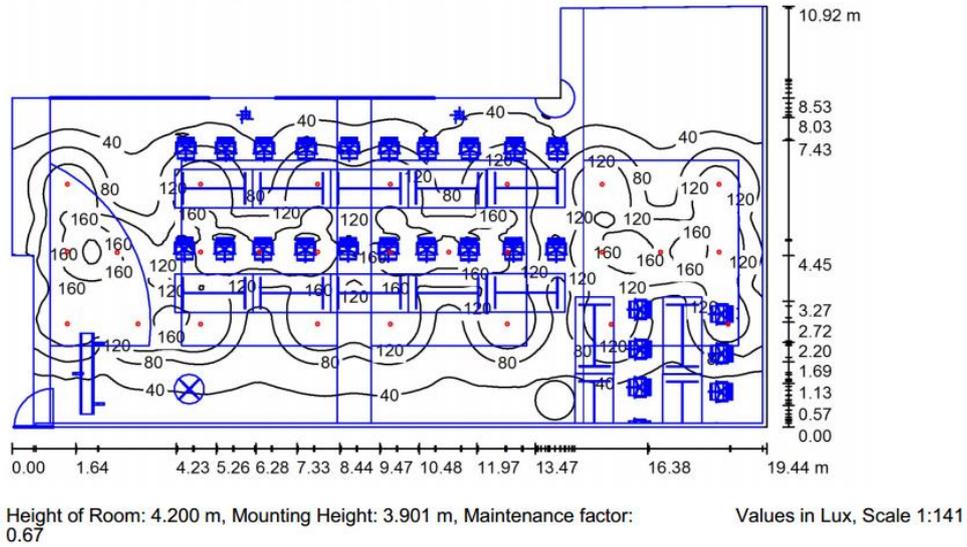
D. Simulasi Ruang Pertemuan

Simulasi pertama adalah simulasi ruang pertemuan. Ada 2 simulasi yang dilakukan yaitu pada ruang sesuai kondisi pengukuran (dipisah oleh sekat partisi) dan sesuai dengan geometri ruang sebenarnya.

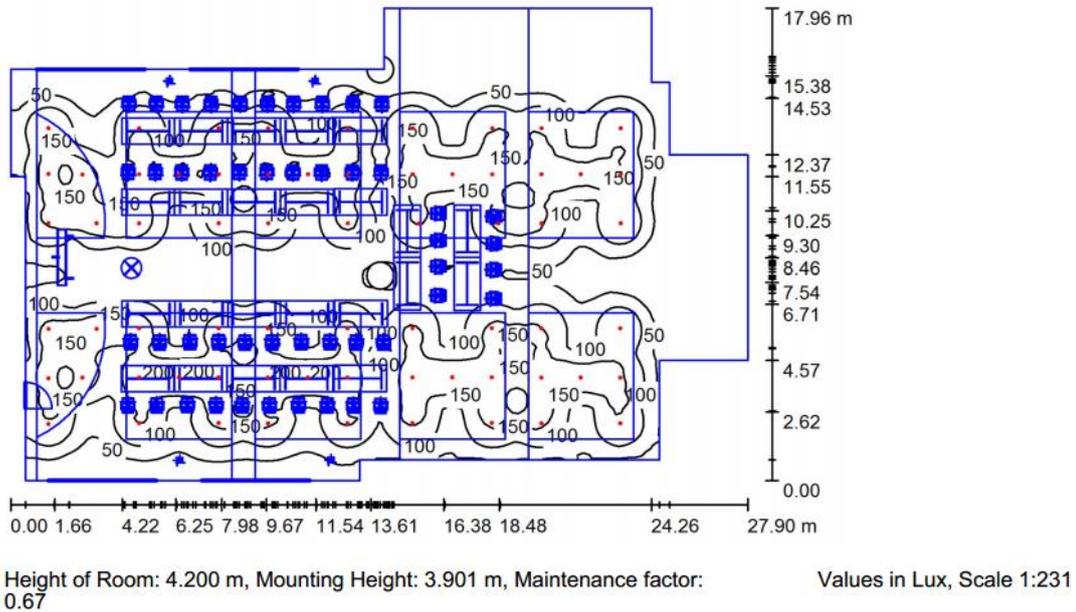
Setelah dilakukan kalkulasi, maka didapatkan data sebagai berikut:

TABEL II
HASIL SIMULASI RUANG PERTEMUAN

Simulasi	Skenario pencahayaan	E_{av} (lux)
Ruang pertemuan	Geometri pengukuran	89
	Geometri penuh	99



Gambar 4. Tingkat iluminansi ruang pertemuan geometri pengukuran



Gambar 5. Tingkat iluminansi ruang pertemuan geometri penuh

E. Simulasi Lobi Hotel

Simulasi pertama adalah simulasi ruang pertemuan. Ada 5 simulasi yang dilakukan.

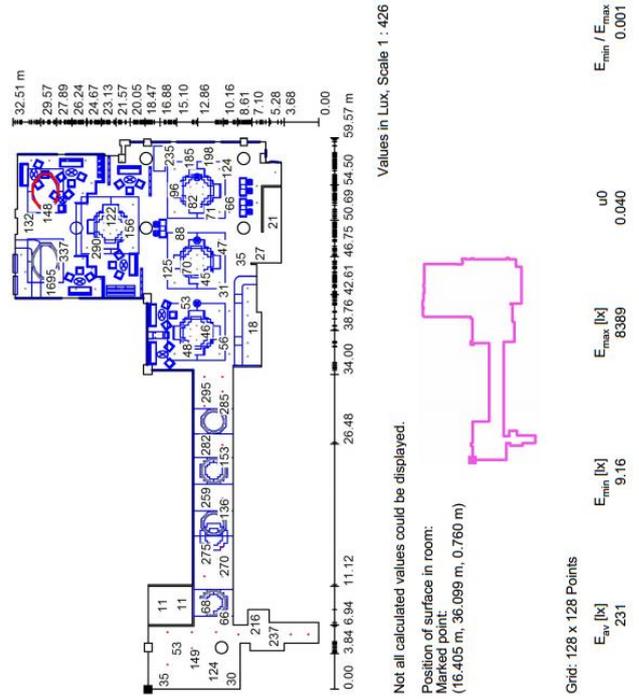
TABEL III
SIMULASI LOBI HOTEL

Skenario Pencahayaan	Kontrol Luminaire	Dimming Value (%)
Simulasi untuk pencahayaan buatan	Downlight	100
	Indirect	100
	Chandelier	100
	Daylight	0
Simulasi untuk pencahayaan alami	Downlight	0
	Indirect	0
	Chandelier	0
	Daylight	100
Simulasi pencahayaan buatan dan pencahayaan alami dengan skenario pencahayaan memakai nilai dimming maksimal	Downlight	100
	Indirect	100
	Chandelier	100
	Daylight	100
Simulasi dengan skenario pencahayaan sesuai dengan kondisi pada saat pengukuran (siang)	Downlight	0
	Indirect	100
	Chandelier	100
	Daylight	47
Simulasi dengan skenario pencahayaan sesuai dengan kondisi pada saat pengukuran (malam)	Downlight	100
	Indirect	100
Ket. <i>downlight</i> dan <i>indirect</i> pada bar mati	Chandelier	100
	Daylight	0

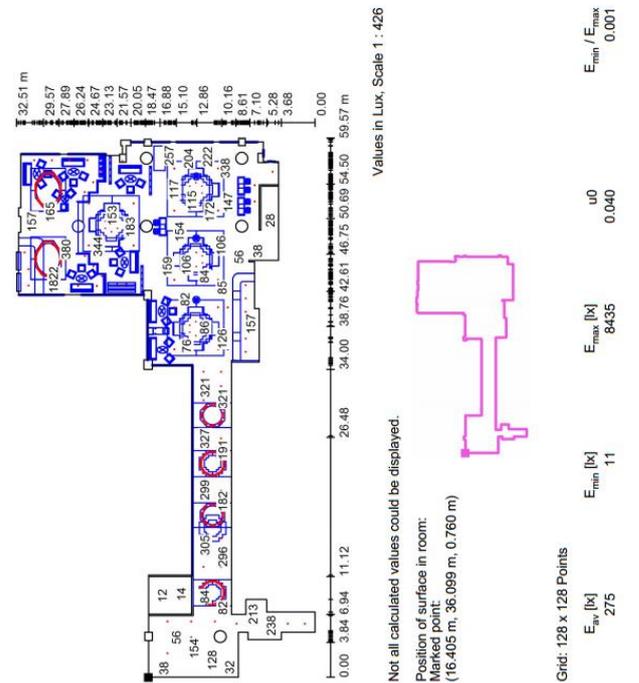
Setelah dilakukan kalkulasi, maka didapatkan data sebagaimana Tabel IV.

TABEL IV
HASIL SIMULASI LOBI HOTEL

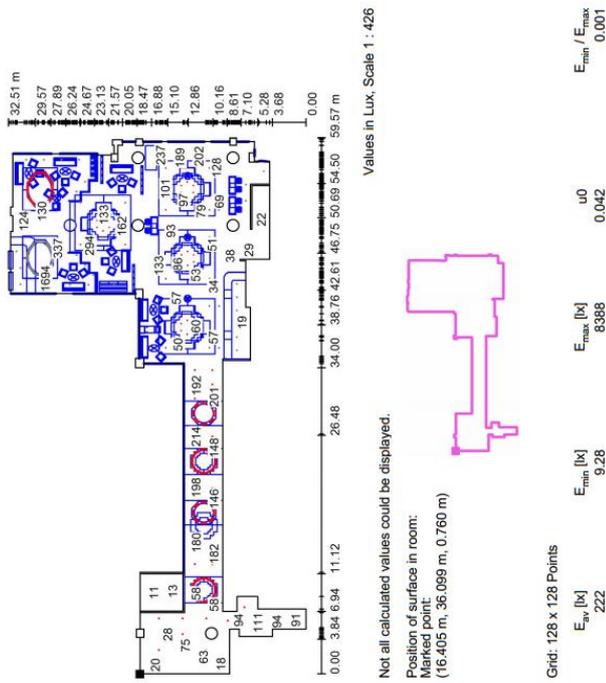
Simulasi	Skenario pencahayaan	E_{av} (lux)
Simulasi lobi	Buatan	83
	Alami	231
	Maksimal	275
	Aktual siang	222
	Aktual malam	70



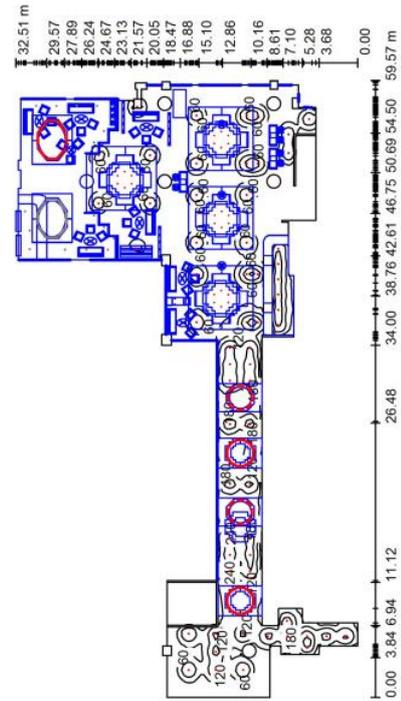
Gambar 6. Simulasi pencahayaan alami



Gambar 7. Simulasi pencahayaan maksimal



Gambar 8. Simulasi kondisi pencahayaan aktual pengukuran siang hari



Gambar 9. Simulasi kondisi pencahayaan aktual pengukuran malam hari

F. Analisis Kualitas Pencahayaan Dan Kenyamanan Ruang

TABEL 1
HASIL PENELITIAN

Ruang Uji	Eav (lux)			Nilai Baku Mutu SNI
	Perhitungan Numeris	Perhitungan Lapangan	Simulasi DIALux	
Ruang Pertemuan	Geometri Penuh	81,67	-	99
	Geometri Pengukuran	78,1	72,33	89
	Buatan	64,5	-	83
	Alami	957,1	-	231
Lobi	Maksimal	-	-	275
	Aktual Siang	151,3	91,37	222
	Aktual Malam	49,05	48,02	70

Dalam Tabel 5 tentang nilai iluminansi rata-rata yang didapatkan, ruang pertemuan memiliki hasil pengukuran lapangan 72,33 lux, perhitungan numeris 78,31 lux, dan simulasi DIALux 89 lux. Dengan menggunakan perhitungan numeris dan simulasi pada ruang dengan geometri penuh, nilai iluminansi rata-rata yang didapatkan adalah 81,67 lux dan 99 lux. Dapat disimpulkan bahwa nilai standar kenyamanan visual pada ruang pertemuan masih jauh dari standar pada petunjuk teknis SNI tentang pencahayaan buatan, yaitu 300 lux. Jika dilihat dari hasil pengukuran (lihat Gambar 2) dan hasil simulasi (lihat Gambar 5), persebaran cahaya pada ruang pertemuan pada ruangan hampir seragam, tetapi masih belum dapat memenuhi standar kenyamanan.

Untuk lobi, dari hasil pengukuran di lapangan pada siang hari, nilai iluminansi rata-rata yang didapatkan adalah 91,37 lux. Hal ini menunjukkan bahwa nilai iluminansi rata-rata pada lobi mendekati standar kenyamanan di lobi pada siang hari. Namun jika dilihat dari pola sebaran cahaya hasil pengukuran pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada bidang kerja, nilai iluminansi cenderung banyak terukur pada nilai 40-60 lux. Hanya pada beberapa titik yang benar-benar mendekati nilai 100 lux. Pada titik D pengukuran cahaya alami, nilai yang didapatkan dari pencahayaan alami dapat mencapai sekitar 500 lux. Hal ini yang mengakibatkan nilai rata-rata yang didapatkan bernilai 91,37 lux dan mendekati standar kenyamanan SNI. Hasil perhitungan numeris dan simulasi menunjukkan bahwa nilai iluminansi rata-rata yang didapatkan adalah 151,3 lux dan 222 lux. Dalam simulasi, nilai rata-rata pada ada pada rentang 50 – 100 lux. Hal ini menunjukkan bahwa menurut simulasi, seharusnya lobi pada siang hari sudah memenuhi standar kenyamanan ruang pada SNI.

Pada lobi dengan pengukuran malam hari, nilai iluminansi rata-rata yang didapatkan dalam pengukuran hanya 48,02 lux. Pada perhitungan numeris dan simulasi, nilai iluminansi rata-rata pada lobi yaitu 49,05 lux dan 70 lux. Hal ini menunjukkan bahwa nilai iluminansi rata-rata pada saat malam hari masih cenderung belum mencapai standar kenyamanan ruang pada SNI.

Gambar 12 adalah contoh perbandingan hasil pengukuran dan simulasi pada DIALux untuk ruang pertemuan. Ada beberapa selisih perbedaan nilai pada *interpolasi* persebaran cahaya terukur. Hal ini ditimbulkan karena perbedaan kondisi yang ditimbulkan dari kedua metode tersebut sehingga mengakibatkan perbedaan parameter hitung nilai iluminansi. Parameter tersebut contohnya adalah perbedaan perhitungan faktor utilitas dan faktor *maintenance*. Pada simulasi, faktor utilitas dan faktor *maintenance* dimasukkan berdasarkan hasil hitungan numeris, sedangkan pada saat pengukuran, nilai sebenarnya dari faktor utilitas dan faktor *maintenance* tidak dapat diukur secara langsung.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah nilai dari pengukuran, perhitungan numeris, dan simulasi pencahayaan pada ruang pertemuan Hotel Novotel Yogyakarta masih berada di bawah nilai baku mutu SNI sedangkan untuk lobi Hotel Novotel Yogyakarta sebagian besar sudah memenuhi nilai baku mutu SNI.

Nilai iluminansi rata-rata pada ruang pertemuan memiliki selisih dimana hasilnya lebih rendah dari nilai baku mutu, yaitu pada perhitungan numeris 221,9 lux, pengukuran lapangan 227,67 lux, dan simulasi 211 lux. Hal ini berarti tingkat pencahayaan pada ruang pertemuan belum dapat memenuhi standar kenyamanan nilai baku mutu yang diatur oleh SNI.

Nilai iluminansi rata-rata lobi pada siang hari memiliki selisih dengan nilai baku mutu pada perhitungan numeris yaitu 51,3 lux lebih tinggi dari standar baku, pengukuran lapangan 8,63 lux lebih rendah dari standar baku, dan simulasi 100 lux lebih tinggi dari standar baku. Hal ini berarti bahwa nilai tingkat pencahayaan pada lobi di siang hari memenuhi standar kenyamanan nilai baku mutu SNI, bahkan pada pengukuran numeris dan simulasi nilainya melebihi dari standar baku SNI. Tetapi nilai iluminansi pada bidang kerja jauh dari standar kenyamanan karena pada beberapa zona bidang kerja, nilainya mencapai nilai antara 20 lux sampai 40 lux. Nilai iluminansi rata-rata lobi pada malam hari memiliki selisih dimana hasilnya lebih rendah dari nilai baku mutu pada perhitungan numeris yaitu 50,95 lux, pengukuran lapangan 51,98 lux, dan simulasi 30 lux. Hal ini berarti

tingkat pencahayaan rata-rata lobi belum dapat memenuhi standar kenyamanan nilai baku mutu yang diatur oleh SNI.

Nilai beban daya pada ruangan pertemuan sebesar 11,81 W/m² dan pada lobi sebesar 9,82 W/m². Nilai tersebut memenuhi nilai daya pencahayaan maksimum yang direkomendasikan dalam petunjuk teknis SNI konservasi energi di bidang pencahayaan. Tetapi dengan nilai kenyamanan ruang yang masih jauh dari standar SNI, maka hal ini berarti penggunaan energi yang ada pada hotel masih belum efisien.

Nilai yang mempengaruhi faktor hasil nilai kalkulasi iluminansi dengan tiga metode yang telah dilakukan (pengukuran *on-site*, perhitungan numeris, dan simulasi komputer) dipengaruhi oleh 3 faktor, yaitu dari sisi akurasi data, titik pengukuran, dan presentasi data dan teknik analisis.

Ketiga metode kalkulasi, yaitu pengukuran *on-site*, perhitungan numeris, dan simulasi komputer, tidak dapat berdiri sendiri, karena ketiga metode tersebut saling terkait dalam perancangan dan evaluasi kualitas sistem pencahayaan.

Pada perancangan dan analisis sistem pencahayaan, perhitungan numeris dilakukan sebagai dasar dari perancangan sistem pencahayaan, simulasi komputer dilakukan untuk memperoleh perhitungan yang optimal, dan evaluasi sistem pencahayaan dilakukan dengan pengukuran langsung di lapangan

REFERENSI

- [1] Totok Sulistiyanto, *Pedoman Energi Efisiensi untuk Desain Bangunan Gedung Indonesia*, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, EECCHI: Jakarta, 2012
- [2] UNEP (2006), *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia* [Online]. Available: www.energyefficiencyasia.org
- [3] Laretna Annisa Rarastika, "Analisis dan penyusunan petunjuk teknis parameter *green building green ship existing building* pada Hotel Novotel, Skripsi, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, 2013.
- [4] Strategi BSN 2006-2009. [Online]. Available: http://www.bsn.go.id/main/sni/isi_sni/5, 4 Maret 2013.
- [5] BSN, *Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami Pada Bangunan Gedung*. SNI 03-2396-2001, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. 2001.
- [6] *Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung*, SNI 03-6575-2001, 2001.
- [7] *Konservasi Energi Sistem Pencahayaan Pada Bangunan Gedung*, SNI 6197:2011, 2011.