

Pengaruh Strategi Bukaannya dan Rasio Dimensi Ruang Kelas SMP-SMA Di Surabaya terhadap Level dan Distribusi Cahaya Alami

Cindy Elena Kartika dan Feny Elsiana
 Program Studi Arsitektur, Universitas Kristen Petra
 Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya
 cindyelena207@gmail.com; feny.elsiana@petra.ac.id

ABSTRAK

Pencahayaan alami ruang kelas dapat mengurangi beban energi listrik dan menunjang kenyamanan visual. Namun, beberapa sekolah di Surabaya seperti SMA Santa Maria Surabaya dan SMAN 9 Surabaya memiliki kelas dengan pencahayaan di bawah standar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh strategi bukaan dan rasio dimensi ruang kelas SMP-SMA di Surabaya terhadap level dan distribusi cahaya alami, sehingga dapat menjadi gambaran serta pertimbangan desain ruang kelas yang dapat mengoptimalkan pencahayaan alami. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode simulasi. Simulasi dilakukan dengan menggunakan software DIALux Evo 9.2 untuk mendapatkan nilai *illuminance*, *Daylight Factor*, dan *Uniformity Ratio*. Perbandingan level dan distribusi cahaya alami dari ruang dengan variasi rasio 1, 0.78, 0.44, WWR 30% dan 40%, serta tipe bukaan 1 sisi, 2 sisi berhadapan, dan 2 sisi berdekatan dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi langit *overcast* Surabaya, semakin besar WFR ruang kelas, semakin tinggi nilai *illuminance* dan nilai DF, seperti pada ruang kelas Q. Tipe bukaan 2 sisi berhadapan memiliki distribusi cahaya yang lebih baik dibandingkan tipe bukaan 1 sisi maupun 2 sisi berdekatan. Ruang kelas dengan rasio ruang 0.44, WWR 30%, dan tipe bukaan 2 sisi berhadapan memiliki level dan distribusi cahaya paling optimum, yakni DF 91.67%-100% dan *uniformity ratio* 0.29.

Kata Kunci: ruang kelas, cahaya alami, simulasi, Surabaya

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ruang kelas merupakan bagian utama dalam pelaksanaan kegiatan belajar dan mengajar. Kegiatan pembelajaran sebagian besar dilakukan di dalam ruang kelas, baik berupa belajar, berdiskusi, maupun hanya sebagai tempat melepaskan lelah di waktu jam istirahat. Adanya pencahayaan yang optimal tentu menjadi salah satu poin penting untuk menunjang aktivitas

belajar mengajar di dalam kelas.

Cahaya matahari sebagai sumber pencahayaan alami merupakan salah satu sumber energi alternatif yang berlimpah, khususnya di negara tropis seperti Indonesia. Dampak positif dari pemanfaatan potensi pencahayaan alami, yaitu dapat mengurangi beban energi listrik sekaligus mengoptimalkan kenyamanan visual. Hal itu dikarenakan spektrum yang dimiliki cahaya matahari paling cocok dengan respon visual manusia, sehingga kualitas pencahayaan alami jauh lebih baik dibandingkan pencahayaan buatan (Lim et al., 2012).

Namun, beberapa sekolah di Surabaya ternyata belum memenuhi standar. Seperti hasil penelitian dari Esa Dora (2010), yang menyatakan bahwa sistem pencahayaan ruang kelas di SMA Santa Maria Surabaya tidak sesuai standar. Penelitian yang dilakukan Budiman (2011), Prihatmanti dan Susana (2016) di SMA Negeri 9 Surabaya, menunjukkan bahwa ruang kelasnya memiliki pencahayaan di bawah standar yang disebabkan oleh adanya obstruksi dari bangunan lain, adanya penambahan alat pembayang, terhalangnya bukaan karena penggunaan AC, dan lain sebagainya.

Berdasarkan hal-hal di atas, perbandingan analisis level dan distribusi cahaya alami pada berbagai model ruang kelas yang memiliki variasi terhadap aspek rasio ruang dan strategi bukaan, dengan mengondisikan iklim di Surabaya dilakukan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi desain ruang kelas SMP dan SMA yang dapat mengoptimalkan pencahayaan alami, khususnya di kota Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh strategi bukaan dan rasio dimensi ruang kelas SMP-SMA di Surabaya terhadap level dan distribusi cahaya alami dan bagaimana strategi bukaan dan rasio

dimensi ruang kelas SMP-SMA di Surabaya yang memiliki level dan distribusi cahaya alami paling optimal.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh strategi bukaan dan rasio dimensi ruang kelas SMP-SMA di Surabaya terhadap level dan distribusi cahaya alami dan mengetahui strategi bukaan dan rasio dimensi ruang kelas SMP-SMA di Surabaya dengan level dan distribusi cahaya alami paling optimal.

1.4 Manfaat Penelitian

Secara teoritis, penelitian ini memberikan gambaran strategi bukaan serta rasio dimensi ruang kelas SMP dan SMA di Surabaya yang optimal dalam pendistribusian cahaya alami. Secara praktis, hasil penelitian dapat digunakan sebagai pertimbangan desain ruang kelas SMP dan SMA di Surabaya dengan level dan distribusi cahaya paling optimal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Standar Ruang Kelas SMP dan SMA

Menurut Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Standar Sarana Dan Prasarana Untuk Sekolah Dasar/Madrasah Ibtidaiyah (SD/MI), Sekolah Menengah Pertama/Madrasah Tsanawiyah (SMP/MTs), dan Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah (SMA/MA), ketentuan mengenai ruang kelas SMP dan SMA beserta sarana yang ada di setiap ruang diatur dalam standar sebagai berikut:

- Fungsi ruang kelas adalah tempat kegiatan pembelajaran teori, praktek yang tidak memerlukan peralatan khusus, atau praktek dengan alat khusus yang mudah dihadirkan.
- Banyak minimum ruang kelas sama dengan banyak rombongan belajar.
- Kapasitas maksimum ruang kelas 32 peserta didik.
- Rasio minimum luas ruang kelas $2m^2$ / peserta didik. Untuk rombongan belajar dengan peserta didik kurang dari 15 orang, luas minimum ruang kelas $30m^2$.
- Lebar minimum ruang kelas 5 meter.
- Ruang kelas memiliki fasilitas dengan pencahayaan yang memadai untuk membaca buku dan untuk memberikan pandangan ke luar ruangan.

- Ruang kelas memiliki pintu yang memadai sehingga peserta didik dan guru dapat segera keluar ruangan jika terjadi bahaya, dan dapat dikunci dengan baik saat tidak digunakan.
- Ruang kelas dilengkapi sarana sebagaimana tercantum dalam Lampiran 1.

Persyaratan bukaan cahaya (jendela) untuk ruang kelas adalah minimal $7.2m^2$ dan bukaan ventilasi udara (lubang angin) minimal $3.6m^2$, seperti yang tercantum dalam Kemendikbud dalam Pedoman Pelaksanaan Bantuan Pemerintah Renovasi Bangunan SMA Tahun 2017

Sedangkan untuk tinjauan keselamatan, kesehatan, dan kenyamanan ruang, sebuah ruang kelas perlu memperhatikan beberapa hal, sebagai berikut (Kemendikbud, 2017):

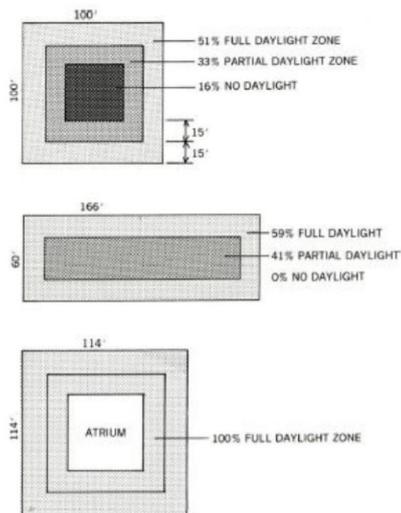
- Bukaan pintu ke arah luar (selasar), untuk mempermudah proses evakuasi secara tiba-tiba dan melibatkan banyak siswa.
- Lebar selasar kelas minimal 2 meter akan memberi ruang yang cukup untuk pergerakan horisontal antar ruang, sehingga memudahkan proses evakuasi apabila diperlukan.
- Bukaan cahaya minimal 10% dan bukaan ventilasi udara minimal 5% dari luas ruang kelas, untuk sehatnya kondisi ruang dengan penerangan alami, sirkulasi udara dan kelembaban normal.

2.2 Strategi Pencahayaan Alami

Orientasi bangunan berpengaruh terhadap pencahayaan alami. Orientasi terbaik untuk bangunan pada iklim tropis adalah arah utara dan selatan. Hal ini dikarenakan meskipun sudut datang sinarnya lebih besar dan intensitas cahayanya menjadi lebih lemah, namun orientasi ini mendapatkan sinar matahari yang konsisten sepanjang tahun. Sedangkan orientasi barat dan timur, sinar matahari yang diterima hanya setengah setiap harinya, serta berpotensi silau dan memiliki tingkat radiasi panas yang tinggi, sehingga umumnya dihindari pada bangunan di iklim tropis (Lechner, 2015).

Perbedaan bentuk dan dimensi ruang juga berpengaruh terhadap distribusi cahaya pada ruang dalam seperti pada gambar 2.1. Dimensi ruang akan menentukan presentase antara pusat dengan perimeter yang nantinya akan berdampak pada ada atau tidaknya zona gelap. Bentuk denah persegi menimbulkan potensi zona yang tidak menerima kontribusi cahaya alami, namun hal tersebut dapat diatasi dengan adanya atrium. Sedangkan, pada denah persegi

panjang, distribusi cahayanya lebih merata karena tidak memiliki pusat (Lechner, 2015).



Gambar 2.1. Pengaruh Bentuk Ruang terhadap Distribusi Pencahayaan Alami. (Sumber: Lechner, 2015)

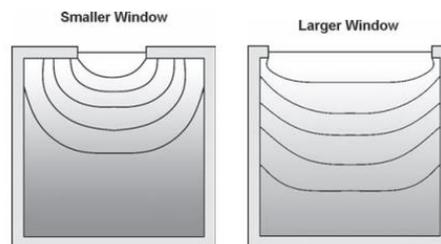
Menurut Lechner (2015), hal-hal yang menjadi pertimbangan dalam mencapai keefektifan bukaan, diuraikan sebagai berikut:

- Semakin jauh sebuah titik dari jendela, maka kuat pencahayaannya akan semakin rendah.
- Bentuk bukaan yang melebar mendistribusikan cahaya lebih merata ke arah lebar bangunan, sedangkan bukaan yang ukuran tingginya lebih besar dari lebarnya memberikan penetrasi ke dalam lebih baik.
- Bukaan jendela lebih dari satu bidang dinding (bilateral) akan mengoptimalkan distribusi cahaya dalam ruang (merata) dan meminimalisir silau.

Jendela samping mencakup elemen view dan non-view, yaitu windows dan clerestory. Jendela samping tradisional cenderung menghasilkan area yang terlalu terang di dekat jendela dan kondisi redup di tempat lain, terutama jika ruangan dalam. Distribusi cahaya berbeda-beda, bergantung pada kondisi langit. Langit overcast memberikan penetrasi siang hari yang menyebar lebih dalam daripada langit cerah.

Selain kondisi langit, faktor-faktor yang mempengaruhi penyebaran dan kedalaman penetrasi cahaya matahari termasuk orientasi jendela, lokasi jendela di dalam dinding dan dalam hubungannya dengan sisa ruangan, ketinggian efektif jendela (dari ambang batas atas jendela), dan lebarnya. Kedalaman area *daylight* yang efektif berkisar antara 1,5 dan 2,0 kali tinggi kepala jendela (Boubekri, 2008).

Selain tinggi kepala jendela, lebar jendela juga mempengaruhi kedalaman zona *daylight* yang berguna, seperti pada gambar 2.2. Jendela satu sisi dapat menyebabkan silau ketidaknyamanan yang tinggi karena kontras antara kecerahan jendela dan latar belakang yang lebih gelap di sekitar bukaan jendela (Boubekri, 2008).



Gambar 2.2. Pola Isokontur Penetrasi Cahaya Alami pada Jendela Sempit dan Jendela Lebar (Sumber: Boubekri, 2008)

Distribusi cahaya alami yang lebih seimbang dapat diperoleh dengan memasukkan cahaya matahari dari dua dinding samping yang berbeda, menghasilkan cahaya matahari yang lebih dalam, serta lebih banyak (Boubekri, 2008).

2.3 Pencahayaan Alami pada Ruang Kelas

Menurut SNI No 03-6575-2001, untuk fungsi ruangan sebagai ruang kelas, tingkat pencahayaan yang direkomendasikan adalah 250 lux dengan kelompok renderasi warna 1 atau 2, seperti yang tertera pada tabel 2.1. Sedangkan menurut Bean (2004), pencahayaan ruang kelas yang disarankan adalah 250-300 lux dengan *uniformity ratio* 0,8, seperti pada tabel 2.2.

Tabel 2.1. Standar Pencahayaan Bangunan Sekolah

	Fungsi Ruang	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok Renderasi Warna	Keterangan
1	Ruang Kelas	250	1 atau 2	
2	Perpustakaan	300	1 atau 2	
3	Laboratorium	500	1	
4	Ruang Gambar	750	1	Gunakan pencahayaan yang setempat pada meja belajar
5	Kantin	200	1	

(Sumber: SNI 03-6575-2001)

Tabel 2.2. Pencahayaan yang Direkomendasikan untuk Bangunan Sekolah

	Fungsi Ruang	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Uniformity Ratio	Limiting Glare Index
1	Ruang kelas umum	250-300	0,8	19
2	Ruang kelas khusus	500	0,8	19

	untuk kegiatan detail (mis: ruang seni)			
3	Area sirkulasi: koridor, tangga	80-120		19
4	Lobby, area tunggu	175-250		19
5	Resepsionis	250-350		19
6	Atrium	400	-	19

(Sumber: Bean, 2004)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan simulasi komputer (*computer simulation*). Penelitian kuantitatif adalah penelitian ilmiah yang sistematis terhadap fenomena dengan mengumpulkan data yang dapat diukur dengan melakukan teknik statistik, matematika atau komputasi. Sedangkan teknik simulasi komputer digunakan untuk mengimitasi kondisi nyata ke dalam bentuk digital.

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian yaitu menggunakan model studi dari 18 tipologi ruang kelas SMP dan SMA dengan tiga variabel, yaitu rasio ruang kelas, Window-to-Wall Ratio (WWR), dan penempatan bukaan. Dimensi ruang kelas ditetapkan dengan mengikuti standar luas ruang kelas. yaitu 64m². WWR merupakan perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan, ditetapkan 30% dan 40%, di mana merupakan WWR yang optimum di iklim tropis menurut penelitian Raji (2017). Variabel tersebut penting karena merupakan faktor penting yang mempengaruhi kinerja pencahayaan alami ruang. Variabel kontrol yaitu berupa iklim, orientasi, material ruang, tinggi plafon, dan lebar selasar, seperti pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Variabel Kontrol

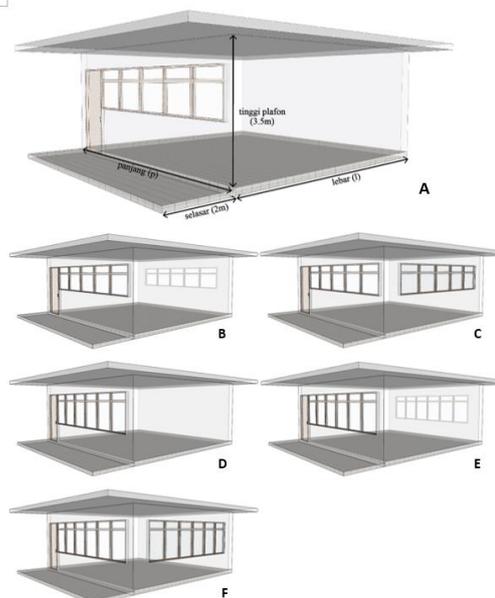
No.	Var. Kontrol	Keterangan
1.	Lokasi	Surabaya (longitude: 112.70°, latitude: -7.30°)
2.	Kondisi langit	Overcast
3.	Orientasi	Selatan
4.	Material Ruang	plafon: <i>gypsum</i> 0,8 mm, finishing cat putih dinding: bata, plester, finishing cat putih penutup lantai: keramik 30x30, warna terang jendela: kaca standar 5 mm, kusen kayu pintu: kayu, kusen kayu

5.	Tinggi Plafon	3.50 meter
6.	Tinggi bukaan	Ambang bawah minimal: 1.10 meter
7.	Lebar Selasar	2.00 meter berada di sisi selatan
8.	Sosoran	1 meter

Adapun model ruang kelas ditentukan seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Tipologi Model Studi Ruang Kelas

Kelas	Panjang (p)	Lebar (l)	Rasio	WWR	WFR	Bukaan
A	8.0 m	8.0 m	1	30%	13.55 %	1 sisi
B					27.09 %	2 sisi berhadapan
C					27.09 %	2 sisi berdekatan
D				40%	18.08 %	1 sisi
E					36.16 %	2 sisi berhadapan
F					36.16 %	2 sisi berdekatan
G	9.0 m	7.0 m	0.78	30%	15.46 %	1 sisi
H					30.92 %	2 sisi berhadapan
I					27.54 %	2 sisi berdekatan
J				40%	20.62 %	1 sisi
K					41.24 %	2 sisi berhadapan
L					36.73 %	2 sisi berdekatan
M	12 m	5.3 m	0.44	30%	20.33 %	1 sisi
N					40.66 %	2 sisi berhadapan
O					29.45 %	2 sisi berdekatan
P				40%	27.13 %	1 sisi
Q					54.25 %	2 sisi berhadapan
R					39.30 %	2 sisi berdekatan



Gambar 3.1. Model Ruang Kelas

3.3 Instrumen Penelitian

Simulasi pencahayaan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak DIALux Evo 9.2. DIALux Evo adalah perangkat lunak canggih di

bidang desain pencahayaan profesional. Dikembangkan oleh German Institute for Applied Lighting Technology (DIAL), perangkat lunak DIALux telah tersedia sejak tahun 1994. DIAL mengklaim bahwa produknya DIALux memiliki kesesuaian dengan ISO/IEC 17050-1 (Geschäftsführer, 2011). Validasi DIALux telah dilakukan oleh peneliti terdahulu, seperti Mangkuto (2015), Setyowijaya dan Citraningrum (2018), Febriyusandi, dkk (2019), dan Fathimah, dkk (2017)

Software DIALux Evo 9.2 digunakan sebagai instrumen penelitian dengan pertimbangan karena merupakan versi yang lebih baik dibandingkan versi sebelumnya, di mana keakuratan penghitungan dan perbaikan terhadap eror menjadi penting. DIALux Evo 9.2 merupakan versi terbaru dari DIALux Evo, sehingga fitur-fitur yang ada lebih baik dari fitur-fitur sebelumnya. Kemajuan dibandingkan dengan versi sebelumnya, yaitu meliputi penambahan fitur baru, pengembangan terhadap fitur yang sudah ada, dan perbaikan bug atau cacat kode (DIALux, n.d.).

3.4 Analisis Data

Metode analisis yang dilakukan yaitu kuantitatif dengan membandingkan data hasil simulasi DIALux Evo 9.2 dengan standar pencahayaan ruang kelas yang berlaku.

Untuk mengetahui level pencahayaan alami, dilakukan simulasi model ruang kelas menggunakan software DIALux Evo 9.2 untuk selanjutnya dicari nilai *illuminance* (lux) dan *Daylight Factor* (%) pada beberapa titik ukur. Kemudian, dari hasil tersebut dibandingkan dengan standar dan studi literatur untuk menemukan model mana yang paling baik level pencahayaannya.

Untuk mengetahui distribusi pencahayaan alami, dilakukan simulasi model ruang kelas menggunakan software DIALux Evo 9.2 untuk mendapatkan nilai *uniformity ratio*, yang merupakan perbandingan nilai iluminan minimum dibanding nilai iluminan rata-rata (E_{min}/E_{avg}). Kemudian, dari hasil tersebut dibandingkan dengan standar dan studi literatur untuk menemukan model mana yang paling baik distribusi pencahayaannya.

3.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis ini ditulis berdasarkan teori-teori yang sudah dipaparkan pada bab dan subbab di atas, yaitu terkait pengaruh strategi bukaan dan rasio ruang kelas terhadap level dan distribusi

pencahayaan alami. Dalam penelitian ini, level dan distribusi pencahayaan yang baik untuk ruang kelas SMP-SMA di Surabaya akan dicapai dengan rasio ruang yang cenderung langsing, WWR yang lebih besar yakni 30%, dan bukaan 2 sisi berhadapan.

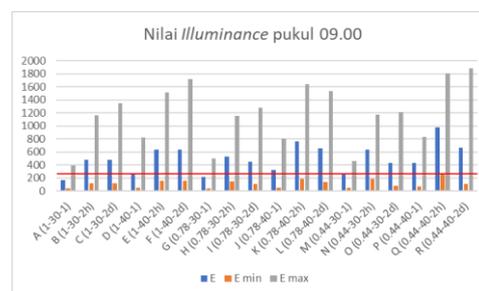
4. HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Level Pencahayaan Alami

Dapat dilihat pada grafik, bahwa ruangan dengan bukaan 2 sisi berhadapan memiliki nilai *illuminance* rata-rata yang terbaik, diikuti oleh bukaan 2 sisi berdekatan, dan bukaan 1 sisi di posisi terendah dibandingkan dua lainnya. Sedangkan jika melihat WWR, maka bukaan dengan WWR 40% lebih baik dibandingkan bukaan dengan WWR 30%.

Hasil penelitian pada pagi hari pukul 09.00 menunjukkan bahwa dari 18 model ruang kelas, hanya ruang kelas A dan G yang level pencahayaannya di bawah standar pencahayaan ruang kelas sebesar 250 lux, yaitu masing-masing memiliki *illuminance* 164 lux dan 218 lux. Ruang kelas A dan G memiliki bukaan dengan WWR 30% yang hanya terletak di 1 sisi, sehingga cahaya yang masuk tidak mampu untuk menerangi seluruh ruangan. Ruang kelas A dan G juga memiliki WFR terendah.

Sementara itu, ruang kelas Q memiliki nilai *illuminance* tertinggi, yaitu 973 lux. Hal ini dikarenakan ruang kelas Q memiliki bentuk ruang yang langsing dengan rasio ruang 0.44, serta memiliki bukaan cukup besar (WWR 40%) dan terletak di dua sisi berhadapan, seperti pada gambar 4.1.



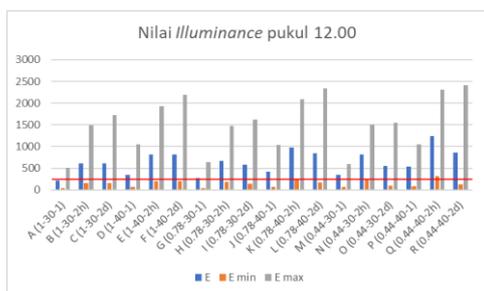
Gambar 4.1. Nilai *Illuminance* pukul 09.00

Jika melihat area yang memiliki level pencahayaan sesuai standar 250 lux, maka ruang kelas yang terbaik yaitu kelas Q dengan persentase 100% untuk area dengan *illuminance* ≥ 250 lux. Sedangkan ruang kelas A memiliki persentase terendah untuk area yang memenuhi standar, yaitu 17.28%, seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Persentase Area dengan *Illuminance* \geq 250 lux pukul 09.00

Hasil penelitian pada siang hari pukul 12.00 menunjukkan bahwa dari 18 model ruang kelas, hanya ruang kelas A tidak memenuhi standar pencahayaan ruang kelas sebesar 250 lux, yaitu dengan nilai *illuminance* 210 lux. Ruang kelas A memiliki rasio 1 dan memiliki bukaan dengan WWR 30% yang hanya terletak di 1 sisi, sehingga cahaya yang masuk tidak mampu untuk menerangi seluruh ruangan. Sementara itu, ruang kelas Q memiliki nilai *illuminance* tertinggi, yaitu 1242 lux, seperti yang dapat diamati pada gambar 4.3.



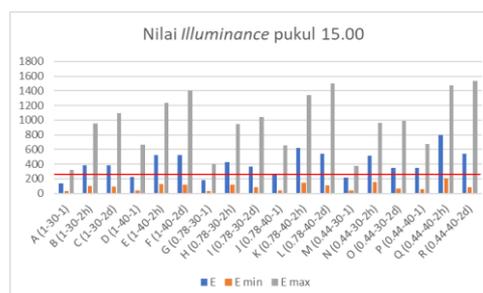
Gambar 4.3. Nilai *Illuminance* pukul 12.00

Jika melihat area yang memiliki level pencahayaan sesuai standar 250 lux, maka ruang kelas yang terbaik yaitu kelas N, dan Q dengan persentase 100% untuk area dengan *illuminance* \geq 250 lux. Sedangkan ruang kelas A memiliki persentase area yang memenuhi standar terendah, yaitu 28.40%, seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Persentase Area dengan *Illuminance* \geq 250 lux pukul 12.00

Hasil penelitian pada sore hari pukul 15.00 menunjukkan bahwa dari 18 model ruang kelas, ruang kelas A, D, G, dan M tidak memenuhi standar pencahayaan ruang kelas sebesar 250 lux. Keempatnya merupakan ruang dengan WFR terendah dan memiliki kesamaan, yaitu memiliki bukaan yang hanya terletak di 1 sisi, sehingga cahaya yang masuk tidak mampu untuk menerangi seluruh ruangan. Sementara itu, ruang kelas Q memiliki nilai *illuminance* tertinggi, yaitu 795 lux, seperti yang dapat diamati pada gambar 4.5.



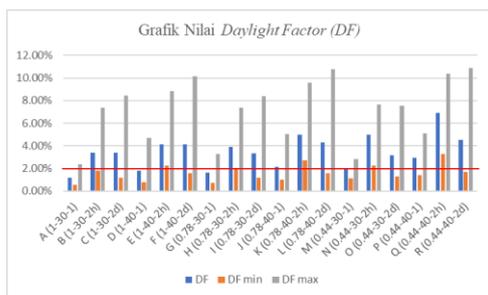
Gambar 4.5. Nilai *Illuminance* pukul 15.00

Jika melihat area yang memiliki level pencahayaan sesuai standar 250 lux, maka ruang kelas yang terbaik yaitu kelas Q dengan persentase 98.61% untuk area dengan *illuminance* \geq 250 lux. Sedangkan ruang kelas A memiliki persentase area yang memenuhi standar terendah, yaitu 12.35%, seperti pada gambar 4.6.



Gambar 4.6. Persentase Area dengan *Illuminance* \geq 250 lux pukul 15.00

Hasil penghitungan *Daylight Factor*, dengan standar 2% menunjukkan semua model ruang kelas memenuhi standar, kecuali ruang A, D, G, dan M. Nilai DF tertinggi dicapai pada ruang kelas Q, yaitu 6.92%, dimana ruang kelas Q memiliki rasio ruang 0.44, WWR 40%, dan memiliki 2 bukaan pada sisi berhadapan, seperti pada gambar 4.7.



Gambar 4.7. Grafik Nilai Daylight Factor

4.2 Distribusi Cahaya Alami

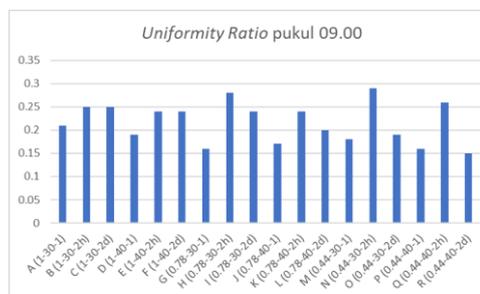
Penelitian distribusi cahaya alami dilakukan dengan mengukur *uniformity ratio* setiap ruang kelas (Emin/Eavg) dan dibandingkan dengan standar, yaitu 0.8. Nilai *uniformity ratio* pada tiga waktu yang berbeda tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada kondisi langit overcast.

Berdasarkan hasil penelitian, semua model ruang kelas memiliki *uniformity ratio* dibawah standar. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan pencahayaan alami untuk pencahayaan ruang sulit untuk menghasilkan distribusi cahaya yang merata. Selain itu, adanya pintu yang opaque di sudut ruang juga menyebabkan zona gelap pada sekitar pintu sehingga *uniformity ratio*-nya menjadi rendah. *Uniformity ratio* pada ruang kelas dengan WWR 30% lebih baik dibandingkan dengan WWR 40%. WWR atau WFR yang tinggi, namun tidak merata posisi dan letaknya, dapat menyebabkan kontras yang tinggi pada area yang tidak terjangkau sehingga nilai *uniformity ratio* menjadi rendah.

Berdasarkan hasil penelitian *illuminance*, didapatkan nilai *uniformity ratio* tertinggi sebesar 0.29, yaitu ruang kelas N, dimana ruang kelas N memiliki rasio 0.44, WWR 30%, dan memiliki bukaan 2 sisi berhadapan. Sedangkan nilai *uniformity ratio* terkecil sebesar 0.15 adalah ruang kelas R, dimana ruang kelas R memiliki rasio 0.44, WWR 40%, dan memiliki bukaan 2 sisi berdekatan.

Untuk ruang kelas dengan rasio 1, *uniformity ratio* tertinggi didapatkan pada ruang baik bukaan 2 sisi berhadapan maupun bukaan 2 sisi berdekatan. Keduanya memiliki nilai *uniformity ratio* yang relatif sama. Sedangkan *uniformity ratio* terendah diperoleh pada ruang dengan bukaan 1 sisi. Namun penggunaan bukaan 2 sisi berdekatan pada rasio 0.78, dan 0.44, menghasilkan *uniformity ratio* yang cenderung menurun. Hal ini menunjukkan bahwa semakin langsing ruang atau semakin kecil rasionya,

bukaan 2 sisi berdekatan semakin tidak merata distribusi cahayanya. Bukaan pada 2 sisi berdekatan yang digunakan pada ruang yang sangat langsing akan menimbulkan sudut ruang yang sangat terang dan sudut ruang yang gelap, sehingga nilai *uniformity ratio*-nya menjadi kecil, karena salah satu bukaan tidak dapat menjangkau terlalu dalam.



Gambar 4.8. Uniformity Ratio

4.3 Ruang Kelas dengan Level dan Distribusi Cahaya Alami Paling Optimal

Berdasarkan hasil penelitian secara keseluruhan, ruang kelas yang paling optimal terhadap level pencahayaan alami dan distribusi pencahayaan alami adalah ruang kelas N. Ruang kelas N memiliki rasio 0.44, WWR 30%, dan bukaan terletak di 2 sisi berhadapan. Nilai rata-rata level pencahayaan pada ruang kelas N yaitu sebesar 519-811 lux dan Nilai DF rata-rata 4.99%, sehingga memenuhi standar ruang kelas yaitu ≥ 250 lux dan $DF \geq 2\%$. Persentase area dengan *illuminance* ≥ 250 lux pada pagi hari mencapai 98.61%, siang hari mencapai 100%, dan sore hari mencapai 91.67%. Sedangkan persentase area dengan $DF \geq 2\%$ mencapai 100%. Di sisi lain, ruang kelas N juga memiliki *uniformity ratio* yang paling tinggi berdasarkan simulasi *illuminance*, yaitu sebesar 0.29.

Hasil penelitian ini sejalan dengan hipotesis, bahwa level dan distribusi pencahayaan untuk ruang kelas SMP-SMA di Surabaya yang baik akan dicapai dengan rasio ruang kelas yang cenderung langsing (rasio = 0.44), WWR 30%, dan bukaan 2 sisi berhadapan, sehingga terbukti benar. Hal ini sesuai dengan hasil analisis yang menunjukkan kelas N merupakan yang paling optimal dalam level dan distribusi pencahayaan alami.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Level pencahayaan alami yang tinggi dapat dicapai dengan rasio ruang yang langsing, WWR

yang tinggi, dan penempatan bukaan lebih dari 1 sisi. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan Boubekri (2008). Akan tetapi, meskipun memiliki level pencahayaan yang tinggi, belum tentu memiliki distribusi cahaya yang baik. Distribusi cahaya yang baik dapat dicapai dengan penempatan bukaan yang merata, seperti bukaan pada 2 sisi berhadapan. Bukaan pada 2 sisi berdekatan menyebabkan pencahayaan yang kurang merata jika digunakan pada ruang yang terlalu langsung/terlalu panjang.

Pada penelitian ini, ruang kelas yang memenuhi standar illuminan dan DF adalah ruang kelas B, C, E, F, H, I, J, K, L, N, O, P, Q, dan R. Ruang-ruang tersebut memiliki bukaan dengan WFR $\geq 20.6\%$. Sedangkan yang tidak memenuhi standar adalah ruang kelas A, D, G, dan M, di mana keempatnya memiliki WFR terendah, karena hanya memiliki 1 bukaan saja. Sedangkan ruang kelas J dan P, walaupun memiliki 1 bukaan saja, namun memiliki WWR 40% sehingga *illuminance* dan nilai DF dapat memenuhi standar.

Ruang kelas yang paling optimal terhadap level pencahayaan alami dan distribusi pencahayaan alami berdasarkan hasil penelitian adalah ruang kelas N yang memiliki rasio 0.44, WWR 30%, dan bukaan di 2 sisi berdekatan. Level pencahayaan pada ruang kelas N yaitu sebesar 519-811 lux dan Nilai DF 4.99%, sehingga memenuhi standar ruang kelas yaitu ≥ 250 lux dan DF $\geq 2\%$. Selain itu, persentase area dengan *illuminance* ≥ 250 lux pada pagi hari mencapai 98.61%, siang hari mencapai 100%, dan sore hari mencapai 91.67%. Sedangkan persentase area dengan DF $\geq 2\%$ mencapai 100%. Di sisi lain, ruang kelas N juga memiliki *uniformity ratio* yang paling tinggi berdasarkan penelitian *illuminance*, yaitu sebesar 0.29.

5.2 Saran

Saran akademis untuk peneliti selanjutnya, yaitu membuka peluang untuk diteliti lebih lanjut terkait aspek pengguna seperti persepsi pengguna dan kenyamanan visual, yang belum dibahas pada penelitian ini. Sedangkan, saran praktis dalam hal perancangan ruang kelas, yaitu untuk ruang kelas SMP-SMA di Surabaya dengan rasio 1, 0.78, dan 0.44, maka strategi bukaannya dengan WWR 30% dan bukaan di 2 sisi berhadapan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2001). *Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung*. SNI 03-6575-2001. Jakarta.
- Bean, R. (2004). *Lighting: Interior and exterior*. Massachusetts: Architectural Press
- Boubekri, M. (2008). *Daylighting, architecture and health: Building design strategies*. UK: Elsevier
- Budiman, L. (2011). *Optimasi pencahayaan pada ruang kelas SMA Negri 9 Surabaya*. (Undergraduate Thesis, Universitas Kristen Petra). <https://dewey.petra.ac.id/catalog/digital/detail?id=24304>
- DIALux. (n.d.). *What's new in DIALux evo 9.2*. <https://www.dialux.com/en-GB/dialux/whats-new>
- Dora, P. E. (2011). Optimasi desain pencahayaan ruang kelas SMA Santa Maria Surabaya. *Dimensi Interior*, 9(2), 69-79.
- Fathimah, Thojib, J., Adhitama, M. S. (2017). Rekayasa tata cahaya alami pada ruang laboratorium (Studi kasus: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya). *Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur*, 5(1), Retrieved from: <http://arsitektur.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jma/article/view/326>
- Febriyursandi, R., Zakri, A. A., Hamzah, A. (2019). Desain dan analisis kualitas pencahayaan berbasis perangkat lunak DIALux Evo 8.1. *Jom FTEKNIK*, 6(2), 1-8
- Geschäftsführer, D. P. (2011). *Declaration of conformity in accordance with ISO / IEC 17050-1*. DIAL. <https://b2b.dial.de/index.php/s/9TFLLYIIR1zYFp2>
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2017). *Pedoman Pelaksanaan Bantuan Pemerintah Renovasi Bangunan SMA Tahun 2017*. Jakarta.
- Lechner, N. (2015). *Heating, cooling, lighting: Sustainable methods for architects*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Lim, Y.W., Kandar, M. Z., Ahmad, M. H., Ossen, D. R., & Abdullah, A. M. (2012). Building façade design for daylighting quality in typical government office building. *Building and Environment*, 57, 194-204. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2012.04.015>
- 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
- Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007. *Standar Sarana Dan Prasarana Sekolah/Madrasah Pendidikan Umum*. 28 June 2007.
- Prihatmanti, R., Susan, M. Y. (2016). Lighting performance pada ruang kelas di bangunan bersejarah. *Aksen*, 2(1), 39-57.
- Setyowijaya, V. A., Citaningrum, A. (2018). Bukaan pencahayaan alami pada ruang tunggu Terminal Tirtonadi Kota Surakarta untuk mengurangi pencahayaan buatan. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur*, 6(3), Retrieved from: <http://arsitektur.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jma/article/view/554>