

LIGHTING PERFORMANCE PADA RUANG KELAS DI BANGUNAN BERSEJARAH

Rani Prihatmanti¹, Maria Yohana Susan²

¹Architecture Department, School of Housing, Building and Planning, Universiti Sains Malaysia.
11800 Minden, Penang-Malaysia

²Arsitektur Interior, Universitas Ciputra, Surabaya 60129, Indonesia
Corresponding email: rani_peanut@yahoo.com

Abstract : This cross-sectional research aims to assess the lighting performance in classroom of a school that is located on the heritage building. According to the studies that have been done previously by many scholars, classroom lighting performance is significantly affecting the learning performance of the students and therefore, could also affecting their academic performance. To obtain the objectives, this research is quantitative in nature and supported by qualitative data. The light level was measured by using a hand-held light meter that was positioned on a working plane or on the student's desk. A walk-through inspection was also conducted to observe the existing building condition. Questionnaire was also distributed in order to obtain the satisfaction, in terms of the current lighting condition. The outcomes of this research could be considered for heritage building conservation, particularly the buildings that have been adaptively reused.

Keywords: Lighting, Satisfaction, School, Heritage Building, Adaptive reuse

Abstrak : Penelitian ini merupakan penelitian jangka pendek yang bertujuan untuk meneliti keadaan pencahayaan di dalam ruang dari beberapa bangunan bersejarah yang telah di-*adaptive reuse* menjadi sekolah menengah atas di Surabaya. Hal ini untuk mengetahui apakah bangunan-bangunan yang diteliti tersebut sudah memenuhi standar untuk pencahayaan dalam kelas atau belum. Level pencahayaan di dalam kelas sangat berpengaruh terhadap *learning performance* dari murid yang sangat berdampak ke *academic performance*-nya. Untuk itu, metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif dengan data kualitatif sebagai pendukung. Level pencahayaan dalam ruang diukur dengan menggunakan light meter dan juga dilakukan *walk-through inspection* (observasi) di setiap bangunan untuk mengetahui keadaan eksisting bangunannya. Kuesioner juga dibagikan kepada para *responden* untuk mengetahui kepuasan dalam hal pencahayaan di dalam kelas. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi parameter untuk dipertimbangkan dalam mengkonservasi bangunan bersejarah, khususnya yang di-*adaptive reuse*.

Kata Kunci: Pencahayaan, Kepuasan, Sekolah, Bangunan bersejarah, *Adaptive Reuse*

PENDAHULUAN

Kemajuan ekonomi kota Surabaya dan kebutuhan akan kantor, sekolah, dan bangunan publik lainnya dengan letak yang strategis mengakibatkan tren alih fungsi (*adaptive reuse*) bangunan lama yang didominasi oleh arsitektur kolonial, terutama yang berada di daerah Surabaya pusat. Beberapa bangunan bersejarah yang telah beralih fungsi menjadi sekolah antara lain SMA Santa Maria, SMA St. Louis, SMA Kompleks Wijaya Kusuma, dan masih banyak lagi. Beberapa bangunan yang telah dialih fungsikan banyak yang kurang memperhatikan keadaan pengguna ruangnya. Bukan pada bangunan warisan seringkali ditutup karena penggunaan AC dan juga untuk memenuhi kebutuhan ruang.

Berdasarkan Green Building Index (2010), bangunan sangat berpengaruh terhadap kesehatan pengguna ruang dan lingkungan. Penelitian untuk *Indoor Environmental Quality* (IEQ) dan *Post Occupancy Evaluation* (POE) di bangunan yang telah di-*adaptive reuse* sudah seharusnya dilaksanakan mengingat adanya hubungan yang terkait antara desain bangunan yang baru, material yang digunakan, *maintenance* bangunan dan kenyamanan pengguna ruang. Berdasarkan Roulet (2006) dan Jones (2008), desain bangunan, penggunaan material dan *maintenance* bangunan yang kurang tepat dapat menyebabkan penyakit pada pengguna ruang. Keadaan pencahayaan dalam sebuah ruangan adalah salah satu parameter dari IEQ.

Surabaya merupakan kota yang terletak di zona iklim tropis, yaitu zona dengan curah hujan yang tinggi, intensitas radiasi matahari yang relatif tinggi, cahaya alami yang melimpah (Lim et al., 2012), dan kondisi langit pada sebagian besar waktu adalah berawan (Lauber, 2005). Intensitas radiasi matahari yang tinggi dapat menyumbang beban bahan ke dalam bangunan, namun cahaya alami yang melimpah dapat dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan pencahayaan dalam ruang.

Dibandingkan dengan pencahayaan buatan, sistem pencahayaan alami tersebut memiliki beberapa kelebihan, antara lain untuk mengurangi beban energi dan kenyamanan visual lebih optimal karena *daylight* adalah cahaya dengan spektrum penuh yang paling cocok dengan respon visual manusia, sehingga secara kualitas pencahayaan alami jauh lebih baik daripada pencahayaan buatan (Lim et al., 2012). Selain itu pencahayaan alami sangat berpengaruh terhadap *performance* murid dan kegiatan belajar mengajar yang terjadi (Axarli dan Tsikaloudaki, 2007).

Level pencahayaan yang memadai dapat meningkatkan produktivitas dan performa, mengurangi mata lelah, serta dapat meningkatkan peluang untuk sukses. Namun demikian, pencahayaan alami juga mempunyai beberapa kelemahan, diantaranya intensitas radiasi matahari yang tinggi, *glare*, dan ketidakseragaman distribusi *daylight* (Lim et al., 2012).

Sebagaimana arsitektur yang bergaya kolonial pada umumnya, sekolah SMA Santa Maria, St. Louis, SMA Kompleks, dan bangunan kolonial lainnya, memiliki ciri-ciri yang mengutamakan kualitas material terpadu dan beradaptasi dengan iklim lokal. Adaptasi bangunan kolonial terutama dilakukan untuk menciptakan kondisi nyaman termal bagi pengguna serta mengatasi curah hujan yang tinggi pada iklim tropis. Adaptasi termal tersebut tentunya akan mempengaruhi kinerja pencahayaan alami ruangan bangunan. Alat pembayangan horizontal berupa sosoran dengan panjang yang sama di semua orientasi akan menjadi obstruksi bagi penetrasi cahaya alami. Kinerja pencahayaan alami akan mempengaruhi tingkat kepuasan pengguna dan produktivitas belajar dari siswa.

Solusi desain yang harus dilakukan pada obyek studi kasus terkait dibatasi oleh syarat konservasi bangunan bersejarah. Cahaya alami yang tidak memadai pada area-area tertentu di dalam bangunan harus diatasi dengan strategi-strategi yang tidak mengubah kondisi fisik bangunan secara signifikan. Pada waktu-waktu tertentu, sistem pencahayaan buatan tetap diperlukan baik sebagai pelengkap maupun pengganti sistem pencahayaan alami. Akan tetapi, adanya perubahan fungsi pada bangunan cagar budaya dapat menyebabkan kerusakan properti, interior dan eksterior, termasuk ke kesehatan pengguna ruang (Adams, 2007). Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan karena menyangkut kesehatan dan produktivitas pengguna ruang pada bangunan bersejarah yang telah di-*adaptive reuse*.

Indoor Environmental Quality (IEQ) telah menjadi kriteria yang penting dalam dunia arsitektur dan interior. Salah satu kriteria tersebut adalah level pencahayaan dalam ruang, baik pencahayaan alami maupun artifisial. Semua bangunan, termasuk bangunan warisan, seharusnya didesain dengan memperhatikan aspek pencahayaan untuk para pengguna ruangnya. Bangunan warisan dibangun dengan adaptasi terhadap iklim setempat. Namun, sejak terjadinya *global warming* bangunan tersebut diadaptasi untuk iklim saat ini, seperti dipasangnya AC yang menyebabkan bangunan warisan tersebut menjadi '*tight building*'. Jendela dan pintu ditutup agar udara dingin dari AC dapat maksimal, dan hal ini berakibat menurunnya level pencahayaan di dalam ruang. Selain itu, kebutuhan akan ruang dari fungsi yang baru juga berpotensi menutup bukaan yang ada di bangunan eksisting. Hal ini pasti mempengaruhi kesehatan dan produktivitas ruang jika keadaan IEQ-nya tidak memenuhi persyaratan.

PENCAHAYAAN DI DALAM BANGUNAN

Pencahayaan Alami (*Daylighting*)

Pencahayaan alami merupakan teknologi penerangan dinamis yang mempertimbangkan beban panas, kesilauan, variasi dari ketersediaan cahaya dan penetrasi cahaya matahari ke dalam bangunan. Menurut Steffy (2002), cahaya yang dihasilkan oleh matahari dan yang menimpa bumi secara langsung, tidak langsung, atau keduanya adalah cahaya alami (*daylight*). Secara kuantitatif,

tujuan pencahayaan alami adalah untuk mengumpulkan cukup cahaya bagi performa visual yang baik. Menurut Lechner (2009), tujuan pencahayaan alami secara kualitatif sama dengan penerangan elektrik, yakni mengurangi kesilauan (*glare*), minimalisasi refleksi terselubung, menciptakan level lingkungan penerangan yang dapat ditoleransi pada ruang, dan menghindari rasio kualitas terang cahaya yang berlebih

Sumber Pencahayaan Alami

Menurut Lechner (2009), terdapat beberapa sumber pencahayaan alami yang memasuki sebuah ruang melalui bukaan yakni:

- a. *Direct sunlight*: Cahaya alami yang berasal dari kondisi *clear sky* terdiri dari dua bagian utama, yakni cahaya langit (bersifat difus dan memiliki kualitas terang cahaya rendah) dan cahaya matahari langsung (bersifat langsung dan memiliki kualitas terang cahaya yang ekstrim). Cahaya matahari langsung biasanya dihindari karena menyebabkan kesilauan, rasio kualitas terang cahaya dan pemanasan yang berlebih.
- b. *Clear sky*: Iluminan dari *clear sky* 100-200 kali lebih besar daripada yang dibutuhkan untuk iluminan ruang dalam, yakni sekitar 6.000-10.000 fc atau 60.000-100.000 lux. *Clear sky* memiliki distribusi kualitas terang cahaya sepuluh kali lebih besar saat dekat dengan matahari daripada bagian tergelap dari langit.
- c. *Overcast sky*: Iluminan dari *overcast sky* bervariasi dengan kepadatan awan dan *altitude* dari matahari. Meskipun kuat penerangan pada *overcast sky* relatif rendah (5000-20.000 lux), namun kuantitasnya sepuluh kali lebih besar daripada apa yang dibutuhkan di ruang dalam (Lechner, 2009).
- d. Refleksi dari tanah dan bangunan sekitar: Cahaya yang terpantul dari tanah dan bangunan sekitar merupakan sebuah sumber cahaya alami yang signifikan. Sebuah bangunan bercat putih dapat merefleksikan sekitar 80 persen dari cahaya datang, sementara rumput dapat merefleksikan sekitar 10 persen dari cahaya.

Strategi Dasar Pencahayaan Alami

Beberapa strategi dasar pencahayaan alami menurut Lechner (2009), yang mempengaruhi pencapaian level pencahayaan yang cukup pada ruang-ruang dalam bangunan, yakni:

- a. Bentuk bangunan: Salah satu strategi pencahayaan alami dalam kaitannya dengan bentuk bahwa denah bangunan berlantai banyak harus dibentuk memanjang dengan panjang maksimum menghadap Utara dan Selatan. Bangunan yang ramping akan memaksimalkan ruang dalam yang terpapar cahaya matahari (Moore, 1993).
- b. Orientasi: Lechner (2009) dan Moore (1993) menyatakan tentang denah lantai ideal berkaitan dengan orientasi bangunan, yakni memanjang dengan seluruh jendela menghadap Utara-Selatan, sedangkan arah Timur dan Barat harus diminimalkan.
- c. Pencahayaan melalui atap: Pencahayaan melalui *sky light* hanya dapat diaplikasikan

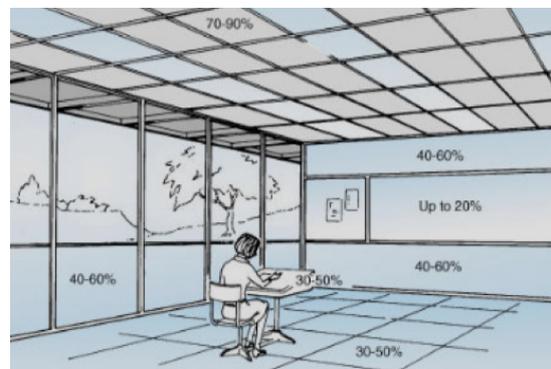
pada lantai atas dari bangunan bertingkat, kecuali dengan sumur cahaya (*light wells*). Ketika diaplikasikan, bukaan horizontal memberikan keunggulan sekaligus kelemahan.

Bukaan horizontal menciptakan iluminasi yang seragam dan menerima lebih banyak cahaya pada area interior yang luas dibandingkan dengan *sidelighting*. Kelemahannya adalah bukaan horizontal sulit untuk dibayangi.

- d. Perencanaan ruang: Perencanaan denah *open space* sangat menguntungkan untuk membawa cahaya alami ke ruang dalam. Partisi berbahan kaca dapat mengakomodasi privasi secara akustik tanpa menghalangi cahaya alami. Ketika privasi visual juga dibutuhkan, *venetian blinds*, bahan *translucent* atau partisi dengan kaca di atas level mata dapat digunakan. Kedalaman ruang memiliki efek langsung terhadap intensitas iluminasi cahaya alami dari *sidelighting*. Ruang yang lebih dalam akan mendistribusikan cahaya yang masuk dengan kuantitas yang sama ke area yang lebih luas.
- e. Warna: Menurut Lechner (2009), pengaplikasian warna-warna terang pada dalam dan luar ruang dapat merefleksikan lebih banyak cahaya ke dalam bangunan dan lebih jauh ke dalam interior. Urutan elemen ruang yang paling mempengaruhi

distribusi cahaya alami adalah plafond, dinding belakang, dinding samping, lantai dan beberapa elemen perabot.

Plafon harus memiliki faktor reflektansi yang paling tinggi. Lantai dan beberapa bagian perabot merupakan reflektor dengan pengaruh yang lebih rendah seperti pada Gambar 1 (IESNA, 2000).



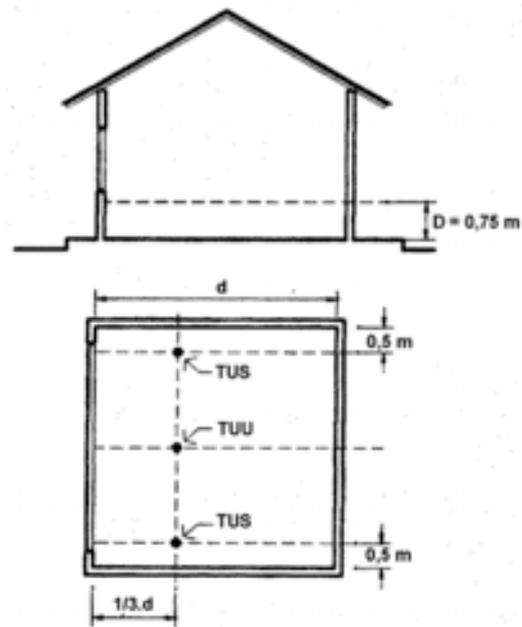
Gambar 1. Faktor Reflektansi yang Ideal untuk Ruang Kelas
Sumber: IESNA (2000)

- f. View dan Pencahayaan Alami: Menurut Lechner (2009), pembukaan untuk *view* dan pencahayaan alami sebaiknya dipisahkan. Jendela yang tinggi, *clerestories* atau kaca atap digunakan untuk pencahayaan alami, dan jendela rendah selevel mata untuk *view*. Kaca untuk pencahayaan alami sebaiknya adalah kaca *clear* karena dapat memaksimalkan pengumpulan cahaya alami. Kaca untuk *view* lebih fleksibel, ditinta atau reflektif untuk mengontrol beban panas dan atau kesilauan.

Metode Pengukuran Pencahayaan Alami

Pada sistem pencahayaan alami, indikator yang diamati adalah nilai Iluminasi/*Illuminance* (E), *Uniformity Ratio*, dan *Daylight Factor* (DF). Nilai iluminasi diukur pada titik-titik ukur dalam ruangan yang ditetapkan dalam bentuk grid, berjarak 1.00 m hingga 1.20 m. Nilai iluminasi sebaiknya memenuhi standar yang disyaratkan sesuai dengan SNI. Nilai yang disyaratkan untuk ruang kelas adalah 250 lux. Nilai iluminan tersebut dapat digunakan untuk menentukan rasio keseragaman sebaran/distribusi (*uniformity ratio*) cahaya alami yang terjadi dalam ruang. Nilai rasio keseragaman tersebut dihitung dengan membandingkan nilai iluminan minimal dengan nilai iluminan rata-rata dalam satu ruang. Rasio keseragaman yang tinggi menunjukkan distribusi cahaya alami yang baik.

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, selain nilai iluminan dan *uniformity ratio*, parameter lain dari kuantitas cahaya alami adalah DF. DF adalah rasio antara iluminasi di dalam ruang dengan iluminasi di luar ruang pada kondisi langit *overcast* (Lechner, 2000). Iluminan pada kondisi langit *overcast* bervariasi, sedangkan perbandingan antara iluminan pada sebuah titik dalam bangunan tetap konstan. Untuk mencapai kondisi pencahayaan yang baik maka DF harus memenuhi nilai minimum tertentu yang harus ditetapkan menurut fungsi dan ukuran ruangan. Menurut SNI 03-2396-2001, terdapat dua jenis titik ukur yang digunakan dalam perhitungan faktor langit (DF), yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Penentuan Titik Ukur untuk Ruangan dengan Satu Bidang Lubang Cahaya Efektif
Sumber: SNI 03-2396-2001

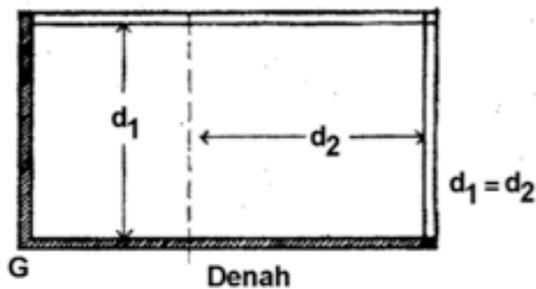
Gambar 2 menunjukkan bahwa:

- Titik Ukur Utama (TUU) diambil pada tengah-tengah antara kedua dinding samping yang berada pada jarak $1/3$ dari bidang lubang cahaya efektif.
- Titik Ukur Samping (TUS) diambil pada jarak 0.5m dari dinding samping yang juga berada pada jarak $1/3$ dari bidang lubang cahaya efektif.

Kedua titik ukur diambil pada suatu bidang datar yang letaknya pada ketinggian 0.75 m di atas lantai (bidang kerja). Apabila suatu ruangan mempunyai dua lubang efektif maka masing-masing dinding tersebut mempunyai bidang

lubang cahaya efektifnya sendiri-sendiri. Cara menentukan bidang lubang cahaya efektif untuk ruangan ini dapat dilihat pada Gambar 3. Sebagaimana disebutkan sebelumnya, DF harus memenuhi standar minimum untuk menjamin suatu

keadaan penerangan yang cukup memuaskan sesuai dengan ukuran dan fungsi ruangan. Standar nilai DF di Indonesia berdasarkan RSNI dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.



Gambar 3. Jarak d pada Ruang dengan Dua Lubang Efektif
Sumber: SNI 03-2396-2001

Penelitian yang dilakukan mengambil studi kasus sekolah-sekolah yang termasuk dalam daftar bangunan *heritage*. Aktivitas yang paling banyak dilakukan adalah membaca dan menulis. Berdasarkan Tabel 2, pekerjaan menulis dan membaca termasuk pada klasifikasi pencahayaan B. Faktor langit minimal untuk aktivitas tersebut adalah 0.35d. Berdasarkan Tabel 3, kegiatan dalam ruang kelas biasa memiliki standar nilai DF 0.35d pada TUU dan 0.20d pada TUS.

Klasifikasi Pencahayaan	Aktivitas	f _{min} TUU
A	Kerja halus sekali, pekerjaan secara cermat terus menerus, seperti: menggambar detil, menggravir, menjahit kain warna gelap, dsb	0.45.d
B	Kerja halus, pekerjaan cermat tidak secara intensif terus menerus, seperti: menulis, membaca, membuat alat atau merakit komponen-komponen kecil, dsb.	0.35. d
C	Kerja sedang, pekerjaan tanpa konsentrasi yang besar dari pelaku, seperti: pekerjaan kayu, merakit suku cadang yang agak besar, dsb.	0.25. d
D	Kerja kasar, pekerjaan dimana hanya detil-detil yang besar harus dikenal, seperti: pada gudang, lorong lalu lintas orang, dsb.	0.15. d

Tabel 1. Klasifikasi Kualitas Pencahayaan berdasarkan Aktivitas dan Faktor Langit Minimal pada TUU
Sumber: SNI 03-2396-2001

Jenis Ruang	f _{min} TUU	f _{min} TUS
Ruang Kelas Biasa	0.35.d	0.20.d
Ruang Kelas Khusus	0.45.d	0.20.d
Laboratorium	0.35.d	0.20.d
Bengkel kayu/besi	0.25.d	0.20.d
Ruang Olahraga	0.25.d	0.20.d
Kantor	0.35.d	0.15.d
Dapur	0.20.d	0.20.d

Tabel 2. Faktor Langit pada Bangunan Sekolah
Sumber: SNI 03-2396-2001

Pencahayaan Buatan (*Artificial Lighting*)

Artificial lighting merupakan pengonsumsi energi terbesar kedua setelah penkondisian udara (Kwong & Ali, 2011). Pencahayaan elektrik dalam suatu bangunan harus mampu menciptakan ambien, aksen dari ruang dan obyek, mendukung performa pekerjaan tertentu sesuai dengan fungsi ruang, dan mengekspos fitur-fitur dekoratif. Standar level pencahayaan untuk lembaga pendidikan yang dikeluarkan oleh SNI 03-6575-2001 (2001) adalah 250 lux untuk ruang kelas, 300 lux untuk perpustakaan, 350 lux untuk ruang komputer dan ruang kerja, 500 lux untuk laboratorium, dan 750 lux untuk ruang gambar (menggunakan tambahan pencahayaan setempat pada meja gambar).

Menurut Heerwagen (2004), mengkondisikan pencahayaan elektrik akan berhasil jika mengacu pada beberapa parameter, yakni pemilihan dan lokasi dari *light source* dan *lighting fixture*-nya, serta pengkondisian kualitas visual yang sesuai dengan memperhatikan interaksi antara peralatan pencahayaan elektrik dengan bentuk dan permukaan bangunan.

- a. *Light source*: Berdasarkan tipenya, lampu yang beredar di pasaran dibedakan kedalam beberapa jenis yaitu *incandescent lamp*, *fluorescent lamp*, dan LED. Setiap lampu mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam tingkat *efficacy*, *brightness*, dan ketahanannya.
- b. *Lighting fixture*: Karlen & Benya (2003) menyebutkan bahwa kemampuan cahaya buatan dalam menyediakan luminasi dipengaruhi oleh *lighting fixture*-nya. *Lighting*

fixture tersebut memiliki banyak variasi gaya dan fungsi. Fungsi yang paling penting adalah sebagai pemegang dari sumber cahaya (lampu), mengarahkan cahaya, dan menghindari *visual glare*.

Tipe Pencahayaan Buatan

Pada dasarnya terdapat tiga tipe pencahayaan buatan dalam ruang yaitu:

- a. *General lighting/ambient lighting*: Berfungsi untuk menyediakan cahaya di sekitarnya atau memberikan kualitas pencahayaan umum pada sebuah ruangan (Heerwagen, 2004). Pencahayaan ini bersifat umum, dan harus memiliki *comfortable brightness*, untuk mengakomodasi aktivitas yang nyaman dalam ruang. *General lighting* merupakan pengganti utama dari pencahayaan alami sinar matahari.
- b. *Task lighting*: Merupakan pencahayaan yang digunakan untuk menerangi area tertentu dan mendukung aktivitas tertentu yang dilakukan di area tersebut. Sifatnya tidak mutlak dan lampu yang dipilih biasanya dengan tingkat *brightness* yang cukup besar (Kreider, 2001).
- c. *Accent lighting* atau *decorative lighting*: Fungsi dari *accent lighting* adalah untuk menerangi area atau objek tertentu dan fungsinya hanya untuk kebutuhan estetika. Menggunakan pencahayaan buatan sebagai aksen dapat mengakomodasi beberapa tujuan sekaligus, seperti untuk mengekspos fitur-fitur tertentu dalam ruang dan dapat mendramatisasi sebuah ruangan.

Activity	Illumination (lux, lumen/m ²)
Public areas with dark surroundings	20-50
Simple orientation for short visits	50-100
Working areas where visual tasks are only occasionally performed	100-150
Warehouses, homes, theaters, archives	150
Easy office work, classes	250
Normal office work, PC work, study, library, groceries, showrooms, laboratories	500
Supermarkets, mechanical workshops, office landscapes	750
Normal drawing work, detailed mechanical workshops, operation Theaters	1000
Detailed drawing work, very detailed mechanical works	1500-2000
Performance of visual tasks of low contrast and very small size for prolonged periods of time	2000-5000
Performance of very prolonged and exciting visual tasks	5000-10000
Performance of very special visual tasks of extremely low contrast and small size	10000-20000

Tabel 3. Rekomendasi Level Pencahayaan oleh Engineering Tool Box
Sumber: EngineeringToolBox.com

Metode Pengukuran Pencahayaan Buatan

Pada sistem pencahayaan buatan, nilai iluminasi dari sumber cahaya yang jatuh pada suatu permukaan didefinisikan sebagai *luminous flux* (F) yang jatuh per satu unit area permukaan. Nilai F sebaiknya memenuhi standar yang disyaratkan. Contohnya adalah standart level pencahayaan yang dikeluarkan oleh *website* Engineering Tool Box dan SNI 03-6575-2001 seperti pada Tabel 3.

Pengaruh Pencahayaan Pada Manusia

Cahaya merupakan satu elemen penting untuk melihat, maka dari itu jumlah cahaya yang diterima mata harus cukup, tidak kurang dan tidak juga berlebih. Kelebihan atau kekurangan cahaya dapat mempengaruhi psikologis dan fisiologis seseorang. Kualitas pencahayaan kelas yang buruk dapat menyebabkan mengantuk, tidak bersemangat, dan susah untuk fokus

ke mata pelajaran (Samani & Samani, 2012). Kualitas pencahayaan yang buruk bisa terjadi karena adanya salah perencanaan pada waktu mendesain titik lampu, baik pada bangunan baru maupun bangunan yang di-*adaptive reuse*. Mendesain pencahayaan sebuah tempat belajar adalah suatu hal yang krusial, yang harus diperhatikan setiap perencana bangunan. Hal ini dikarenakan kualitas pencahayaan dalam kelas berpengaruh sangat signifikan terhadap *performance* murid dan kegiatan belajar mengajar yang terjadi (Axarli & Tsikaloudaki, 2007).

BANGUNAN CAGAR BUDAYA

Bangunan cagar budaya merupakan bukti dari sejarah. Dengan melestarikan cagar budaya, diharapkan dapat memahami masa lalu dan mengkontribusikannya untuk generasi penerus.

UNESCO (1972) mengartikan bangunan cagar budaya adalah warisan dan saksi dari masa lalu, yang tidak dapat digantikan bila hilang. Berdasarkan PerDa Kota Surabaya no. 5 tahun 2005, bangunan cagar budaya adalah bangunan yang sudah berumur sekurang-kurangnya 50 tahun serta dianggap mempunyai nilai penting bagi sejarah, ilmu pengetahuan, dan kebudayaan. Oleh karena itu, bangunan yang akan dijadikan objek penelitian adalah termasuk bangunan cagar budaya.

Berdasarkan ICOMOS Burra Charter (1999), konservasi berarti sebuah proses menjaga properti untuk mempertahankan *cultural significances*, yang didalamnya termasuk preservasi, perbaikan dan maintenance, restorasi, rekonstruksi, rehabilitasi, adaptasi dan *adaptive reuse*, atau kombinasi dari beberapa proses tersebut.

William Morris dan John Ruskin menekankan bahwa konservasi harus dilaksanakan dengan intervensi yang minimum dan jujur dengan penggunaan material (Worthing & Bond, 2008). Perubahan yang dilakukan dalam proses konservasi harus berdasarkan bangunan eksisting, seminimal mungkin dalam mengubah bangunan dan tidak boleh mengganti aslinya. Perubahan yang dilakukan hanya diperbolehkan untuk mempertahankan atau memperbaiki *cultural significance* yang ada di bangunan tersebut serta *maintenance* untuk masa depan bangunan itu sendiri. Konservasi hanya boleh dilakukan bila ada bukti/sumber/data yang memadai.

Adaptive Reuse

Seperti yang tercantum di Burra Charter Artikel 1.9, adaptasi berarti modifikasi sebuah tempat agar kompatibel dengan fungsi yang baru. Kompatibel mempunyai arti bahwa tempat tersebut tidak boleh berubah fisiknya secara signifikan dan menghilangkan *cultural significances*-nya, perubahan tersebut juga harus *reversible*, atau perubahan tersebut harus sangat minimal. Terdapat beberapa kelebihan bila bangunan cagar budaya itu dilestarikan. Hal ini juga berdampak pada perekonomian dan kualitas hidup masyarakat sekitar bangunan tersebut (Henahan & Woodson, 2004). Kelebihan tersebut antara lain:

- a. Sebagai bukti dan juga sumber dari sejarah dan kebudayaan untuk generasi yang akan datang dengan mempertahankan bangunan tersebut seperti aslinya;
- b. Karakter yang signifikan yang terkandung di properti tersebut dapat meningkatkan nilai ekonomi dan faktor penjualan;
- c. Bangunan tersebut akan dapat lebih lama bertahan bila digunakan daripada dibiarkan kosong tanpa penghuni. Hal ini baik untuk keberlangsungan bangunan itu sendiri;
- d. Pada umumnya, bangunan cagar budaya terletak di kawasan *prime location* sehingga dapat menjaga *sense of place* dari kawasan itu sendiri. Selain itu pelestarian bangunan cagar budaya dapat memicu terciptanya desain yang inovatif dan kontemporer;
- e. Hasil dari pelestarian cagar budaya dapat

menarik penyewa atau pembeli untuk menghuni bangunan tersebut dan hal ini dapat meningkatkan nilai dari properti itu sendiri.

Melakukan *adaptive reuse* terhadap suatu bangunan dapat mengimplementasi tiga faktor *sustainability*, yaitu nilai ekonomi (baik langsung maupun tidak langsung); nilai sosial (baik segi sosiologi dan psikologi setiap individu dan kelompok untuk tujuan pembelajaran); dan nilai lingkungan (bangunan warisan umumnya dibangun dengan *passive environmental system* dimana dalam material bangunan tersebut telah terkandung energi. Selain itu, bangunan tersebut juga tidak lagi kosong dan akhirnya runtuh dengan sendirinya maupun dihancurkan untuk pembangunan properti yang baru (Worthing & Bond, 2008).

METODOLOGI PENELITIAN

Objek Penelitian

Sekolah ini terletak pada jalan Wijaya Kusuma Surabaya. Terdapat empat sekolah menengah atas negeri dalam satu kompleks ini, yaitu SMA 1, 2, 5, dan 9. Berdasarkan data dari PerDa nomor 5, bangunan ini didirikan pada tahun 1923, arsiteknya adalah J. Gesber. Dahulu kompleks sekolah ini bernama Hoger Burger School (HBS), yaitu sekolah bagi orang Belanda dan beberapa anak bumiputra yang orang tuanya merupakan pamong praja yang mempunyai kedudukan. Setelah peristiwa 10 November

1945, bangunan ini menjadi markas Tentara Perajar Republik Indonesia dan kemudian berubah menjadi markas batalyon "Rikugun" pada jaman penjajahan Jepang (Rooderbrug Soerabaia, 2015). Dikarenakan keterbatasan izin yang diberikan, maka dalam penelitian ini diambil hanya satu sekolah sebagai studi kasus, yaitu SMA 9.



Gambar 4. SMA 9 Sebagai Objek Penelitian
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Dalam penelitian ini terdapat beberapa *limitation*, yaitu tentang izin survey yang dikeluarkan oleh sekolah-sekolah tersebut. Tidak semua sekolah memberikan izin untuk pengambilan data, maka dari itu sekolah yang bisa digunakan sebagai objek penelitian adalah SMA 9. Jam pengambilan data juga terbatas pada jam pelajaran terakhir.

Metode yang Digunakan

Metode yang digunakan untuk penelitian ini pada dasarnya adalah kuantitatif, namun data kualitatif tetap diperlukan sebagai pendukung analisis. Metode kuantitatif yang digunakan adalah *light mapping* untuk mengukur intensitas

cahaya dari pencahayaan alami dan buatan dengan menggunakan *light meter*, serta kuesioner. Kuesioner yang digunakan diadopsi dari Occupant Indoor Environmental Quality (IEQ) Survey, Center for the Built Environment, Berkeley (2006). Kemudian kuesioner tersebut diterjemahkan ke Bahasa Indonesia dan dilakukan *reliability test* untuk menentukan nilai Cronbach α -nya sebelum didistribusikan kepada responden. Adapun nilai Cronbach α dari kuesioner ini adalah 0.808. Dimana makin tinggi nilainya, makin tinggi *internal consistency*-nya. Beberapa penelitian sebelumnya juga banyak mengacu pada kuesioner yang sama.

Kuesioner berfokus pada persepsi pengguna ruang terhadap kualitas cahaya di dalam kelas yang dijadikan objek penelitian, baik artifisial maupun alami. Setelah itu dilakukan analisis data statistik menggunakan SPSS untuk mengetahui korelasi antara level pencahayaan dan kepuasan penggunaannya. Terdapat 4 bagian pertanyaan dalam kuesioner ini:

- a. Demografi, meliputi umur, jenis kelamin, ruang kelas yang dihuni
- b. Kondisi fisik kelas, meliputi lokasi tempat duduk (jarak dari jendela dan arah hadap tempat duduk) dan alat untuk mengontrol cahaya yang masuk ke dalam ruangan (dengan jalusi/kisi-kisi, *roller blind*, *horizontal blind*, *vertical blind*, tirai)
- c. Kualitas pencahayaan di dalam kelas, meliputi tentang kondisi pencahayaan di kelas yang

menjadi objek penelitian (lampu terlalu gelap atau terang, kuantitas pencahayaan alami bayangan di meja/area kerja, warna lampu yang kurang sesuai, pantulan di layar *laptop/PC* dan di *whiteboard*)

- d. Kepuasan terhadap pencahayaan di dalam kelas yang diukur dengan 3 pertanyaan 5-Likert *scale* dan satu pertanyaan terbuka.

Pertanyaannya adalah:

1. Seberapa puas dengan pencahayaan yang ada di ruang kelas?
2. Seberapa puaskah Anda dengan kenyamanan visual (*visual comfort*) dari pencahayaan yang ada (tidak membuat silau, tidak ada pantulan di layar monitor *laptop*, tidak ada bayangan di area kerja, materi di *whiteboard/projector screen* terlihat jelas, dsb).
3. Secara umum, apakah kualitas pencahayaan di kelas mendukung atau menghambat kegiatan belajar Anda?
4. Apakah ada hal penting lain yang berhubungan dengan kualitas dan kepuasan Anda terhadap pencahayaan di kelas?

Pilot study juga telah dilakukan sebelum mendistribusikan kuesioner kepada responden sebenarnya. Responden dari penelitian ini adalah para siswa dari SMA 9 yang menempati bangunan lama di sekolahnya sebanyak satu kelas, sehingga total responden adalah kurang lebih 37 siswa. Sedangkan metode kualitatif yang digunakan ialah observasi lapangan,

dokumentasi, serta *semi-structured interview* kepada para pengguna ruang. *Semi-structured interview* dilakukan untuk menggali data kualitatif lebih dalam dalam hal kualitas pencahayaan di kelas.

Secara singkat, data primer yang harus dikumpulkan adalah hasil dari *light mapping*, dokumentasi, observasi keadaan bangunan, hasil dari *semi-structured interview*, dan hasil dari kuesioner. Sedangkan data sekundernya adalah referensi dari literatur yang digunakan (jurnal, buku, *proceeding*, dsb). Penelitian ini merupakan penelitian *cross-sectional* yang berjangka waktu singkat sehingga hanya berfokus pada deskripsi antara *lighting quality* di bangunan yang di-*adaptive reuse* dan kepuasan pengguna ruangnya.

DISKUSI

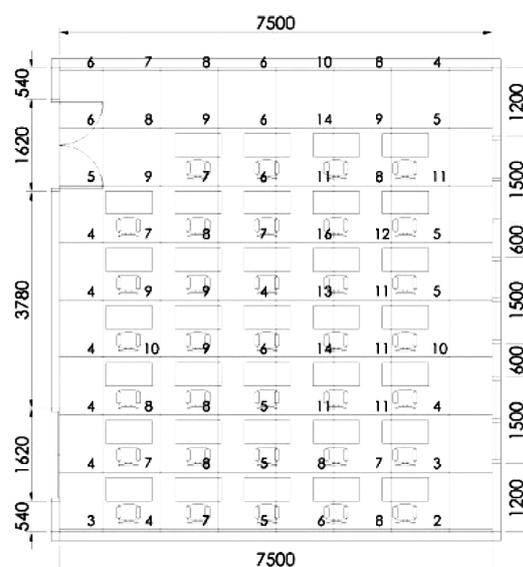
Bangunan sekolah SMA 9 merupakan bangunan 1 lantai. Tidak ada perubahan struktur yang dilakukan di kelas XII-IA-3 dikarenakan peraturan bangunan cagar budaya yang berlaku. Ilustrasi kondisi ruang kelas SMA 9 dapat dilihat pada Gambar 5.

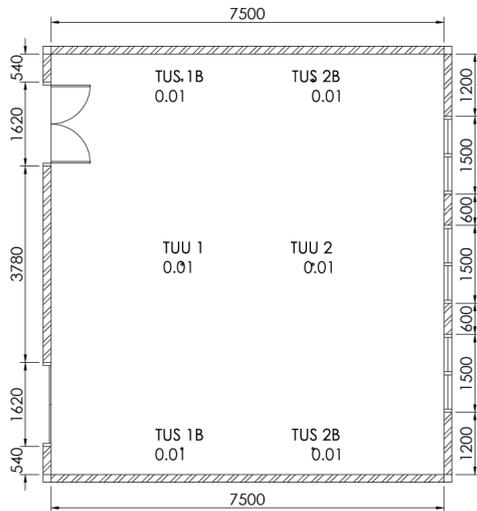


Gambar 5. Kelas XII-IS-3 dan Koridor di SMA 9

A. Pencahayaan Alami

Nilai iluminan yang diukur pada titik-titik berjarak 1.2 meter berada pada rentang 2 lux-16 lux (Gambar 6). Nilai tersebut jauh di bawah standar nilai iluminan yang disyaratkan oleh SNI (200 lux). Nilai iluminan terendah (2 lux) kemudian dibandingkan dengan nilai iluminan rata-rata (7.25 lux), sehingga didapatkan nilai *uniformity ratio* sebesar 0.28. Perbandingan nilai DF aktual yang tertera pada Gambar 6 dibandingkan dengan nilai DF yang disyaratkan (Tabel 4). Pada tabel tersebut dapat dilihat jika nilai DF aktual tidak memenuhi nilai yang disyaratkan.





Gambar 6. Indoor Illuminance Level di Kelas XII-IS-3, SMA 9
Sumber: Analisis Pribadi

Nama	DF aktual	d (m)	TUU= 0.35d	TUS 0.2d
TUU 1	0.01	7.5	2.63	
TUS 1A	0.01	7.5		1.5
TUS 1B	0.01	7.5		1.5
TUU 2	0.01	7.5	2.63	
TUS 2A	0.01	7.5		1.5
TUS 2B	0.01	7.5		1.5

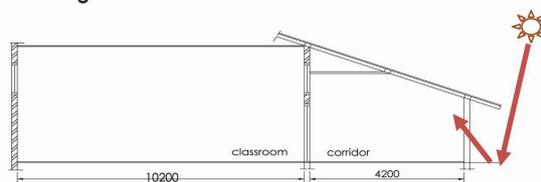
Tabel 4. Daylight Factor Aktual dan Standar untuk Kelas XII-IS-3, SMA 9
Sumber: Analisis Pribadi

Penyebab obstruksi cahaya alami pada salah satu sisi *aperture*-nya adalah koridor yang dalam dan alat pembayangan eksternal. Di SMA 9 ini, nilai rata-rata iluminannya lebih rendah dibanding kedua SMA lainnya karena cahaya alami pada *aperture* sisi lainnya juga terhalangi, dalam hal ini terhalangi oleh bangunan sekeliling (Gambar 8).



Gambar 8. Obstruksi oleh Bangunan Sekeliling pada Aperture Kelas XII-IS-3, SMA 9
Sumber: Dokumentasi Pribadi

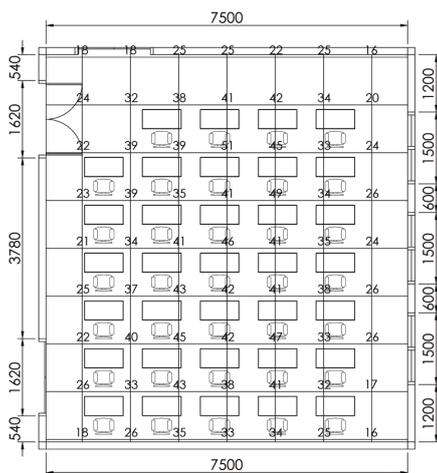
Peletakan jendela pada level yang cukup tinggi merupakan strategi yang baik untuk membawa cahaya masuk lebih dalam ke bangunan dan meningkatkan keseragaman distribusi (lihat Gambar 9). Namun pada kasus ini, sumber cahaya alami yang masuk tidak berimbang. Di satu sisi *aperture* mampu menerima cahaya matahari dengan baik, sedangkan di sisi lain cahaya alami terhalang oleh koridor dan alat pembayangan horizontal. Akibatnya nilai *uniformity ratio*-nya sangat rendah. Penyebab *uniformity ratio* yang rendah diasumsikan sama dengan sekolah-sekolah lainnya, yaitu tidak seragamnya sumber cahaya alami yang masuk ke bangunan.



Gambar 9. Alat Pembayangan Eksternal dan Koridor sebagai Obstruksi Cahaya Alami
Sumber: Analisis Pribadi

B. Pencahayaan Buatan

Pencahayaan buatan dalam objek-objek penelitian ini seharusnya menjadi pengganti pencahayaan alami yang tidak memadai. Namun hasil pengukuran lapangan menunjukkan nilai iluminan yang dihasilkan oleh pencahayaan buatan juga tidak memadai. Hasil-hasil pengukuran lapangan tersebut dapat dilihat pada Gambar 10. Nilai iluminan yang masih berada di bawah standar itu terutama disebabkan rendahnya nilai lumen dari lampu yang digunakan.



Gambar 10. Indoor Illuminance Level untuk Artificial Lighting Kelas XII-IS-3, SMA 9
Sumber: Analisis Pribadi

	Nilai Iluminan Standar	Nilai Iluminan Terendah	Nilai Iluminan Tertinggi
SMA 9	250 lux	16 lux	49 lux

Tabel 5. Nilai Iluminan untuk Artificial Lighting
Sumber: Analisis Pribadi

Nilai iluminan standar, iluminan terendah, iluminan tertinggi, dan iluminan rata-rata dapat dilihat pada Tabel 5, dimana nilai iluminan *artificial lighting* hasil pengukuran lapangan berada di bawah nilai iluminan standar, yaitu antara 16-49 lux. Sebagaimana disebutkan sebelumnya, kondisi pencahayaan buatan eksisting masih di bawah standar. Rencana sistem pencahayaan buatan yang lebih baik diupayakan untuk memaksimalkan kualitas pencahayaan di kelas tersebut.

C. Hasil Survey

Setelah kuesioner disebar, maka dilakukan input data menggunakan *software* analisis data kuantitatif dan menyeleksi *missing data* sebelum dilakukan tes statistik yang sesuai untuk menjawab *research questions* dari penelitian ini. Data kuantitatif diolah secara deskriptif untuk mengetahui frekuensi responden. Selain itu, analisis dibagi menjadi beberapa bagian berdasarkan *satisfaction assessment* yang menggunakan 5-Likert *scale*.

- Kepuasan Pencahayaan Dalam Kelas**
Dari hasil pengolahan data statistik yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa siswa di SMA 9 banyak yang merasa tidak puas dengan kualitas pencahayaan yang ada. Sebanyak total 13.7% dari total responden (n=37) menyatakan bahwa responden tidak puas terhadap kualitas cahaya pada ruang kelas mereka. Berdasarkan observasi dan pengukuran yang telah dilakukan, memang

nilai iluminan di SMA 9 sangat jauh dibawah standar. Nilai iluminan tertinggi adalah hanya 49 lux, sedangkan standarnya adalah 250 lux. Dari hasil kuesioner yang diperoleh, maka didapat berbagai jawaban dari *open-ended questions* yang terdapat di kuesioner. Sebanyak 22% responden di SMA 9 mengeluhkan tentang kualitas dan kepuasan terhadap pencahayaan di kelas. Para responden menyatakan kelas yang mereka gunakan sebagai tempat belajar gelap dikarenakan pencahayaan yang kurang terang dan ada lampu yang tidak berfungsi tetapi tidak diganti, seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Keadaan Interior Kelas Di SMA 9
Sumber: Dokumentasi Pribadi

b. Kenyamanan Visual Dalam Kelas

Berdasarkan observasi, keadaan kelas di SMA 9 dapat dikategorikan sebagai 'gelap dan kurang cahaya' dikarenakan jumlah lampu yang kurang dan ada lampu yang mati namun lama tidak diganti. Selain itu, responden dari SMA 9 menyatakan bahwa keadaan pencahayaan di kelas mereka sangat kurang dan mereka juga merasa sangat tidak nyaman akan hal ini. Hasil observasi juga menunjukkan bahwa

ruang kelas yang disurvei adalah tidak terlalu terang dikarenakan ada *aperture* yang terhalang koridor maupun alat pembayangan horizontal (lihat Gambar 8). Selain itu di dalam kelas juga terdapat lampu yang padam tetapi tidak diganti (lihat Gambar 11). Hal ini menyebabkan *uniformity ratio* yang rendah sehingga pencahayaan di kelas tersebut tidak seragam.

c. Kualitas Pencahayaan Dalam Kelas

Meskipun nilai iluminannya dibawah normal (49 lux), namun para siswa merasa keadaan pencahayaan di kelas mereka cukup mendukung kegiatan belajar mengajar mereka. Hal ini dapat terjadi karena mereka telah terbiasa dengan keadaan di kelas mereka, sehingga mereka tidak merasa ada masalah yang berarti dengan pencahayaan dan pengaruhnya terhadap pekerjaan mereka.

Keadaan ini sangat berbahaya mengingat kurangnya cahaya dapat mempengaruhi kesehatan mata pengguna ruang. Selain itu kualitas pencahayaan kelas yang buruk dapat menyebabkan mengantuk, tidak bersemangat, dan susah untuk fokus ke mata pelajaran (Samani & Samani, 2012).

Axarli dan Tsikaloudaki (2007) juga menyatakan bahwa pencahayaan alami sangat berpengaruh terhadap *performance* murid dan kegiatan belajar mengajar yang

terjadi. Level pencahayaan yang memadai dapat meningkatkan produktivitas dan performa, mengurangi mata lelah, serta dapat meningkatkan peluang untuk sukses.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis *indoor lighting assessment* yang telah dilakukan di SMA 9, *illuminance level* di ketiga sekolah tersebut dibawah standar yang telah ditentukan, yaitu kurang dari 250 lux. Hal ini disebabkan oleh karena berbagai faktor antara lain adanya obstruksi dari bangunan lain yang merupakan bangunan tambahan, adanya penambahan alat pembayang seperti kanopi, ditutupnya bukaan karena penggunaan AC, dan lain sebagainya. Ruang fasilitas belajar harus mempunyai kualitas pencahayaan yang baik untuk menunjang proses belajar mengajar. Hal ini terbukti dari olahan data statistik yang menyatakan bahwa responden kurang puas terhadap kondisi kelasnya.

Kurang baiknya kualitas pencahayaan dapat berpengaruh terhadap *academic performance* secara signifikan. Meskipun bangunan telah di-*adaptive reuse*, kondisi pencahayaan dan elemen-elemen yang mendukung kenyamanan pengguna ruang harus menjadi prioritas yang utama. Berbagai keterbatasan yang dimiliki oleh *heritage building* hendaknya tidak menjadi hambatan untuk mencapai standar kenyamanan di dalam ruang. Penambahan bangunan, alat pembayang, alat pendingin udara dsb. tetap

harus sesuai dengan *conservation guideline* yang sudah ditetapkan Pemerintah Kota Surabaya dengan memperhatikan kategori bangunannya.

Saran

Perlu adanya *awareness* dari semua pihak yang berhubungan dengan bangunan cagar budaya, termasuk diantaranya arsitek dan kontraktor yang merenovasi bangunan cagar budaya, pemerintah yang mengeluarkan peraturan dan kategori bangunan cagar budaya, dan pemilik bangunan cagar budaya untuk selalu memperhatikan kondisi bangunan tersebut. Konservasi yang dilakukan harus sesuai dengan *guideline* dan peraturan yang sesuai, baik peraturan yang dikeluarkan oleh pemerintah maupun internasional seperti Burra Charter atau Hoi An Protocol. Selain itu perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai *human comfort* dan semua elemen IEQ di bangunan-bangunan cagar budaya yang telah di-*adaptive reuse* khususnya *office spaces* dan sekolah.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Dirjen Pendidikan Tinggi Republik Indonesia dengan skim hibah penelitian nomor No. 050/SP2H/P/K7/KM/2016.

DAFTAR RUJUKAN

- Adams, J. 2007. *Global climate change: Every cultural site at risk?* Heritage at Risk 2006/2007. ICOMOS. Australia [Online]
- Axarli, K. & Tsikaloudaki, K. 2007. *Enhancing*

- visual comfort in classrooms through daylight utilization*. In: Clima 2007 WellBeing Indoors. Helsinki, Finland 10-14 June 2007. Centre for Built Environment. 2006. *Occupant Indoor Environment Quality (IEQ) survey* [Online] Available at: <http://www.cbe.berkeley.edu/research/survey.htm>
- Egan, M. D. & Olgyay, Victor. 2002. *Architectural Lighting*. 2nd ed., New York: McGraw-Hill.
- The Engineering Tool Box. 2015. *Illuminance-Recommended Light Levels*. Available at: http://www.engineeringtoolbox.com/light-level-rooms-d_708.html
- Heerwagen. 2004. *Passive and Active Environmental Controls, Informing The Schematic Design for Buildings*. Singapore: McGrawHill.
- Henehan, D. & Woodson, R. D. 2004. *Building change-of-use: renovating, adapting, and altering commercial, institutional, and industrial properties*. New York: McGraw-Hill.
- ICOMOS (International Council on Monuments and Sites). *Burra Charter*. [Online] Available at: http://www.icomos.org/burra_charter.html
- IESNA. 2000. *The IESNA Lighting Handbook. Reference & Application*. New York: Illuminating Engineering Society of North America
- Jones, L. ed., 2008. *Environmentally responsible design*. New Jersey: JohnWiley & Sons Inc.
- Karlen, Mark & Benya, James. 2003. *Lighting design basics*, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Kincaid, D. 2002. *Adapting buildings for changing uses. Guidelines for change of use refurbishment*. London: Spon Press.
- Kreider, et al. 2001. *Handbook of heating, ventilating, and air conditioning*. Boca Raton: CRC Press.
- Kwong & Ali, 2011, A Review of Energy Efficiency Potentials in Tropical Buildings-Perspective of Enclosed Common Areas, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Science Direct.
- Lauber, Wolfgang. 2005. *Tropical architecture*. New York: Prestel
- Lechner, Norbert. 2009. *Heating, cooling, lighting: Sustainable design methods for architects*. USA: John Wiley & Sons.
- Lim Y.W., Kandar, M. Z., Ahmad, M. H., Ossen, D. R. 2012. *Building Facade Design for Daylighting Quality in Typical Government Office Building*, Department of Architecture, Faculty of Built Environment, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia.
- Malaysia Green Building Confederation. 2010. *Malaysia Green Building Index*.
- Moore, Fuller. 1993. *Environmental control systems: Heating, cooling, lighting*, New Jersey: McGraw-Hill, Inc.
- Osterhaus, W. K. E. 2005. *Discomfort glare assessment and prevention for daylight applications in office environment*. Solar Energy. Vol. 79 (2005), pp.140-158.
- Pemerintah Kota Surabaya. 2007. *Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 5 Tahun 2005 tentang Pelestarian Bangunan dan/ atau Lingkungan Cagar Budaya*. Dinas

- Kebudayaan dan Pariwisata Kota Surabaya
Pemerintah Kota Surabaya. 2007. S.K.
*Walikotamadya Kepala Daerah Tk. II
Surabaya no. 188.45/251/402.1.04/1996
tentang Penetapan Bangunan Cagar
Budaya di Wilayah Kotamadya Kepala
Daerah Tk. II Surabaya.* Dinas Kebudayaan
dan Pariwisata Kota Surabaya
- Roodebrug Soerabaia. 2015. *Hogere Burger
School Surabaya.* [Online].
Available at: [http://www.roodebrugsoerabaia.com/
search/label/Hogere%20Burger%20School](http://www.roodebrugsoerabaia.com/search/label/Hogere%20Burger%20School)
- Roulet, C. A., *Architectural education for
sustainable design. A proposal for improving
indoor environment quality.* In: The 23rd
Conference on Passive and Low Energy
Architecture. Geneva, Switzerland, 6-8
September 2006.
- Samani, S. A. dan Samani, S. A. 2012. *The Impact
of Indoor Lighting on Students' Learning
Performance in Learning Environments:
A knowledge internalization perspective.*
International Journal of Business and Social
Science Vol. 3 No. 24. Special Issue –
December 2012.
- Standar Nasional Indonesia. 2001. *SNI No. 03-
2396-2001 Tata cara perancangan sistem
pencahayaan alami pada bangunan gedung.*
Badan Standarisasi Nasional: Jakarta
- Standar Nasional Indonesia. 2001. *SNI No. 03-
6575-2001 Tata cara perancangan sistem
pencahayaan buatan pada bangunan
gedung.* Badan Standarisasi Nasional:
Jakarta
- Steffy, Gary. 2002. *Architectural lighting design,*
New York: John Wiley&Sons, Inc.
- The Engineering Tool Box. 2015. *Illuminance-
Recommended Light Levels.* [Online].
Available at: [http://www.engineeringtoolbox.
com/light-level-rooms-d_708.html](http://www.engineeringtoolbox.com/light-level-rooms-d_708.html)
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific
and Cultural Organisations), 1972.7th
session at general conference. *Convention
concerning the protection of the world
cultural and natural heritage.* Paris, France
16 November 1972. [Online] United Nations:
New York. Available at: [http://whc.unesco.
org/archive/convention-en.pdf](http://whc.unesco.org/archive/convention-en.pdf)
- Worthing, D. & Bond, S. 2008. *Managing built
heritage. The role of cultural significance.*
Oxford: Blackwell Publishing.