

KAJIAN PERFORMA PENCAHAYAAN ALAMI DAN PENGARUHNYA TERHADAP PRODUKTIVITAS PENGGUNA DI RUANG KELAS

Studi Kasus pada Bangunan Kampus FMIPA UGM

Amelia Hapsari¹, Ahmad Saifudin Mutaqi²

¹ Mahasiswa Jurusan Arsitektur, Universitas Islam Indonesia

² Dosen Jurusan Arsitektur, Universitas Islam Indonesia

¹Surel: ameliahapsari31@gmail.com

ABSTRAK: *Pertimbangan dalam perancangan gedung kampus dengan kompleksitas fungsi ruang perlu menjadi perhatian karena dapat berimplikasi terhadap faktor lain salah satunya terhadap kesehatan ruang dan pengaruhnya terhadap produktivitas pengguna didalamnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor apa saja yang mempengaruhi performa pencahayaan alami serta dampaknya terhadap kesehatan dan produktivitas pengguna ruang, dan bagaimana korelasi keduanya. Metode analisis yang digunakan adalah studi kasus bangunan sejenis (studi pustaka) serta uji simulasi menggunakan software digital Velux Visualizer 2.0. Kemudian didapatkan hasil distribusi cahaya melalui lubang cahaya efektif dipengaruhi oleh kedalaman ruang, rasio denah, dan Window Wall Ratio. Kemudian, korelasi hasil performa pencahayaan alami dan produktivitas pengguna, diindikasikan memiliki pengaruh terhadap dampak produktivitas pengguna ruang. Berdasarkan hasil perhitungan Daylight Feasibility Factor, menunjukkan semua titik amatan nilai $FF < 0.25$, artinya hasil kelayakan terhadap banyaknya cahaya masuk belum memenuhi kriteria. Sehingga secara berurutan dapat dikorelasikan antara tingkat pencahayaan yang kurang memenuhi dapat menyebabkan efek biologis pada tubuh dilihat dari terjadinya pergeseran ritme circadian tubuh yang kemudian berpengaruh kepada produktivitas pengguna. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan adalah dengan memperluas lubang cahaya efektif, mengurangi bentuk rasio denah dengan kedalaman ruang yang tinggi serta penggunaan kaca dengan nilai VT lebih tinggi dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan performa pencahayaan alami terhadap suatu ruang.*

Kata kunci: pencahayaan alami, uji simulasi, produktivitas, performa, ruang kelas.

PENDAHULUAN

Perencanaan lanjutan gedung perkuliahan FMIPA ini merupakan pembangunan lanjutan dari gedung pada tahap pertama. Perencanaan lanjutan ini dilakukan dalam rangka penyempurnaan dari kompleks bangunan FMIPA pada masterplan yang memang terdiri dari 2 massa bangunan gedung yang asimetris. Perencanaan bangunan ini cukup melibatkan banyak pihak sebagai penentu dasar perancangan, utamanya pengguna (*user*) yang memiliki beragam kebutuhan ruang yang perlu diwadahi, mulai dari ruang kelas, laboratorium, ruang dosen, perpustakaan dan ruang lainnya. Hal tersebut mengakibatkan terdapat kompleksitas fungsi ruang didalam satu bangunan ini sehingga perlu adanya pertimbangan yang baik terhadap organisasi ruang-ruang yang ada. Pertimbangan tersebut perlu menjadi perhatian karena dapat berimplikasi terhadap faktor lain salah satunya terhadap kesehatan ruang dan pengaruhnya terhadap produktivitas pengguna didalamnya. Dalam fakta perancangan sebelumnya, dapat dikatakan bahwa bangunan kampus ini dalam prosesnya tidak mempertimbangkan masalah tersebut. Faktanya menurut Sanoff (1992) faktor penentu suksesnya sebuah pembangunan dapat ditinjau dari perencanaan yang matang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kajian perancangan arsitektur tentang dampak dari performa pencahayaan alami terhadap kesehatan utamanya produktivitas pengguna ruang, kemudian faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi, dan bagaimana

korelasinya. Serta keluarannya nanti akan disajikan pula rekomendasi dalam optimasi faktor-faktor yang mempengaruhi performa pencahayaan alami pada bangunan kampus.

Diantara beberapa elemen fisika bangunan yang mempengaruhi penghuni seperti pencahayaan, penghawaan dan akustik, nampaknya pencahayaan memiliki dampak paling penting. Menurut Soegijanto (1993), dari distribusi penggunaan energi dalam sebuah bangunan, terdapat tiga aspek dengan pemakaian energi yang cukup besar yang menempati urutan teratas yaitu sistem pendingin, pencahayaan serta elevator dari seluruh total konsumsi listrik pada bangunan. Pada bangunan kampus sendiri, sistem pencahayaan yang baik menjadi penting karena selain berpengaruh terhadap konsumsi energi, cahaya juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap faktor kesehatan manusia sebagai pengguna bangunan. Cahaya merupakan esensi manusia yang diketahui memiliki pengaruh besar terhadap fisik, fisiologis, dan psikologis. Studi terbaru telah membuktikan bahwa terdapat korelasi antara pencahayaan, kesehatan dan kinerja manusia yang dipengaruhi. Cahaya tidak hanya memberikan informasi visual tetapi juga merupakan modulator yang kuat dari fungsi non-visual termasuk dalam hal fokus, hingga kinerja kognitif. (N. Shisegar, 2016). Selain itu, banyak penelitian menunjukkan bahwa pencahayaan alami meningkatkan kinerja mental dan menurunkan perilaku agresif serta depresi (L. Edwards, 2002). Oleh karena itu, pencahayaan alami merupakan aspek yang penting pada lingkungan bangunan pendidikan, utamanya pada ruang kelas/perkuliah karena memiliki pengaruh yang kuat pada kinerja kognitif manusia sebagai pengguna.

Persyaratan Pencahayaan Ruang Kelas

Berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Republik Indonesia nomor 24 tahun 2007 tentang Standar Sarana dan Prasarana, ruang kelas harus memiliki syarat dan ketentuan demi menunjang aktivitas di dalam kelas. Syarat tersebut diantaranya luasan minimum, sirkulasi dan pencahayaan. Kebutuhan pencahayaan ruang kelas berdasarkan SNI 03-6575-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung ialah harus memenuhi intensitas pencahayaan sebesar 250 lux. Namun, ruang kelas memiliki kebutuhan pencahayaan yang bervariasi dengan semakin banyaknya penggunaan peralatan elektronik.

Pencahayaan Alami Dan Kesehatan

Kesehatan merupakan aspek penting bagi manusia dan sebagai prasyarat produktivitas. Manusia dipengaruhi secara fisiologis dan psikologis oleh cahaya. Dengan cara lain, cahaya mampu memengaruhi metabolisme dan sistem endokrin dan hormonal melalui sistem penglihatan kita (Boubekri, 2008). Studi terbaru telah menunjukkan bahwa selain untuk memberikan penerangan dalam melakukan pekerjaan dan memberikan kenyamanan visual, cahaya alami juga memiliki dampak non-visual yang penting pada proses biologis kita dan sangat penting dalam menyinkronkan jam sirkadian kita, dalam merangsang peredaran darah, dan mengendalikan tingkatan dari banyak hormon kita. (S. Altomonte, 2009). Cahaya alami juga dapat mempengaruhi ritme *circadian*, yang bertanggung jawab untuk menyinkronkan jam internal tubuh manusia. Ritme *circadian* pada manusia bertanggung jawab untuk banyak proses kognitif seperti fokus (perhatian), hingga memori. Cahaya mampu mempengaruhi kinerja kognitif melalui dampak sinkronisasi / pergeseran fase pada jam *circadian* tubuh manusia. Akibatnya, paparan cahaya alami berdampak pada kinerja kognitif otak. (N. Shisegar, 2016)

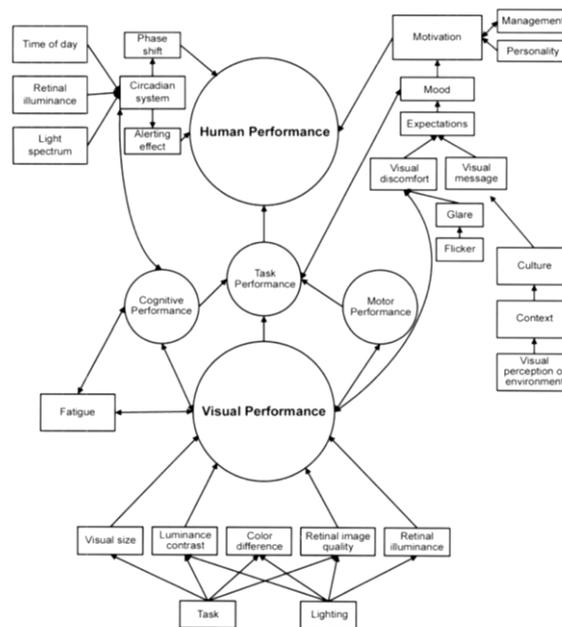
Pengaruh Pencahayaan Pada Ruang Kelas Dan Produktivitas Pengguna

Pencahayaan alami tentunya akan mempengaruhi aktivitas pengguna didalam ruang yang memerlukan pencahayaan dengan intensitas sesuai dengan aktivitas yang dikerjakan. Hal tersebut pasti akan berpengaruh terhadap *performance* dan produktivitas dari pengguna dalam mengerjakan pekerjaannya. Menurut Clements-Croome dan

Sustainability in Architecture

Kaluarachi (2000), Produktivitas individu atau organisasi dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk meningkatkan hasil kerja melalui peningkatan kuantitas dan/atau kualitas produk atau layanan yang akan disampaikan. Produktivitas dapat diukur dengan berbagai cara dan dipengaruhi oleh berbagai faktor, yakni oleh individu itu sendiri dan sistem di mana dia bekerja. Lingkungan dalam ruangan, termasuk kondisi pencahayaan, adalah salah satu faktor sistem yang mempengaruhi produktivitas individu.

Kemudian, Veitch & Newsham (1996) mendefinisikan kualitas pencahayaan berdasarkan perilaku, dimana kualitas pencahayaan didefinisikan sebagai sejauh mana suasana penerangan pada ruang mendukung kebutuhan orang-orang atau pengguna ruang itu sendiri, yang dibagi menjadi salah satunya mood atau suasana hati (*happiness, alertness, satisfaction, preference*) serta kesehatan yang akan berpengaruh terhadap produktivitas.



Gambar 1. Skema Sistem Pencahayaan dapat Mempengaruhi Kinerja Manusia
Sumber: P. Boyce, 2003

Berdasarkan buku *Green Schools: Attributes for Health and Learning*, karena didapatkan hasil yang tidak konsisten dari jumlah studi yang terbatas pula, tidak ada bukti yang cukup signifikan pada saat ini untuk menentukan seberapa besar hubungan antara pencahayaan alami dan produktivitas pengguna. Selain berdasarkan hasil studi-studi literatur lain terkait dengan hubungan antara pencahayaan alami dan produktivitas, salah satu cara lain untuk mengukurnya adalah dengan mengetahui tingkat kelayakan dari pencahayaan alami atau dengan mencari nilai *Daylight Feasibility Factor*. Tujuan dari penentuan *Daylight Feasibility* sendiri adalah untuk menentukan seberapa banyak cahaya yang diinginkan untuk masuk ke dalam ruang. Cara menghitung daylight feasibility factor sendiri dengan rumus:

$$\text{Feasibility Factor (FF)} = \text{WWR} \times \text{VT} \times \text{OF}$$

WWR = Window Wall Ratio

VT = Visible Transmittance

OF = Obstruction Factors

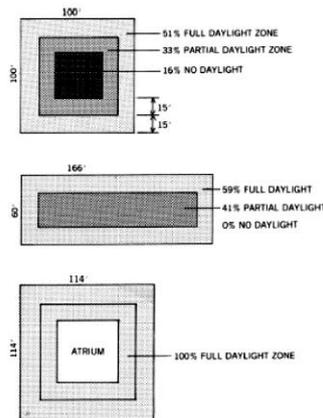
Aspek Perancangan Dengan Pencahayaan Alami

A) Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kuat Pencahayaan Alami

Secara umum, terdapat dua parameter besar untuk perhitungan pencahayaan alami, yaitu kondisi langit dan data bangunan. Data bangunan meliputi kondisi tapak (lingkungan sekitar bangunan) dan kondisi bangunan (termasuk ruang dalam).

Penentuan kondisi langit yang akan diukur adalah berada pada kondisi langit berawan (overcast sky). Kensek dan Suk dalam Atthailah (2017) mengatakan bahwa model langit berawan (100% tertutup) telah banyak digunakan untuk menghitung faktor pencahayaan alami. Kondisi ini digunakan untuk menghitung faktor pencahayaan alami dalam skenario terburuk.

Perbedaan bentuk dan dimensi ruang dalam menentukan distribusi cahaya yang terbentuk di dalamnya. Dimensi ruang akan menentukan persentase antara pusat dengan perimeter yang kemudian berdampak pada ada atau tidaknya zona gelap. (Lechner, 2015)



Gambar 2. Perbedaan Bentuk dan Dimensi Ruang terhadap Distribusi Cahaya
 Sumber: Lechner, 2015

Parameter yang mempengaruhi perhitungan cahaya pada bukaan meliputi posisi dan arah hadap bukaan, ukuran/dimensi bukaan, material dan tekstur bukaan. Komponen penghalang berupa pepohonan, teritis, maupun dinding atau bangunan sekitar juga dapat mengurangi kontribusi cahaya alami yang masuk ke dalam bangunan. (Mandala, 2016)

B) Indikator Performa Pencahayaan Alami

Daylight Factor (DF)

Faktor cahaya siang hari (*Daylight Factor / DF*) adalah perbandingan antara iluminan di satu titik di dalam ruangan dengan titik di luar ruangan. Nilai DF, sesuai dengan referensi pada kondisi pencahayaan alami, diklasifikasi berdasarkan fungsi ruangnya menjadi: (Rizal et al., 2016)

- Aktivitas pada rumah tinggal dengan nilai DF berkisar antara 1%-2%
- Aktivitas pada bangunan kantor atau sekolah dengan nilai DF berkisar antara 2%-4%

Tabel 1. Nilai DF Minimum untuk beberapa jenis ruang

Type of Space	Daylight Factor
Art studios, galleries	4-6
Factories, laboratories	3-5
Offices, classrooms, gymnasiums, kitchens	2
Lobbies, lounges, living rooms, churches	1
Corridors, bedrooms	0.5

Sumber: Lechner, 2015

Luminance (cd/m²)

Luminance (luminance) adalah intensitas cahaya yang dipancarkan, dipantulkan dan diteruskan oleh satu unit bidang yang diterangi, diukur dengan Candela/m².

Illuminance (lux)

Illuminance adalah banyak arus cahaya yang datang pada satu unit bidang, diukur dengan Lux atau Lumen/m², sedangkan prosesnya disebut iluminasi (*illumination*) yaitu datangnya cahaya ke suatu objek.

Daylight Autonomy (DA)

DA adalah nilai seberapa sering iluminasi pada bidang kerja memenuhi persyaratan sepanjang tahun dengan kontribusi pencahayaan alami saja (tanpa pencahayaan buatan).

Usefull Daylight Illuminance (UDI)

Nilai UDI merupakan nilai distribusi cahaya selama setahun dengan variasi kondisi cahaya langit. Informasinya mencakup potensi iluminasi cahaya alami yang memenuhi persyaratan dengan memasukan pertimbangan kemungkinan adanya tingkat terang berlebih, silau, dan ketidaknyamanan termal akibat radiasi matahari (sinar langsung). (Mandala, 2016)

Indeks Silau (Glare Index)

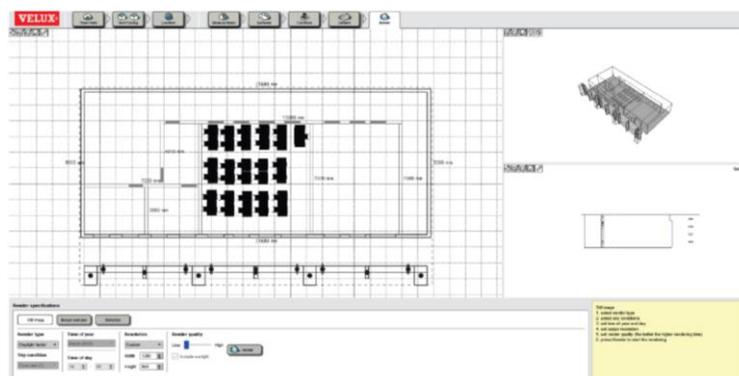
Selain nilai iluminasi yang mencukupi, kenyamanan visual juga sangat dipengaruhi oleh gangguan silau. Silau dapat timbul akibat sumber cahaya dengan iluminasi yang sangat tinggi maupun silau tidak langsung dari pantulan elemen ruang yang sampai ke mata. Perhitungan silau diukur dengan bermacam indeks silau, seperti VCP (Visual Comfort Probability).

METODE PENELITIAN

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode kualitatif-interpretatif dalam ranah penelitian arsitektur. Pengumpulan data dilakukan untuk melalui Studi Literatur Teori (Kajian Pustaka) yang merupakan proses pencarian data berupa konsep atau teori yang bersumber dari buku - buku, jurnal, ataupun sumber tertulis lainnya. Terutama literatur yang berkaitan dengan pembahasan penelitian, seperti literatur tentang ruang kelas, pencahayaan alami, dampak pencahayaan alami terhadap kesehatan.

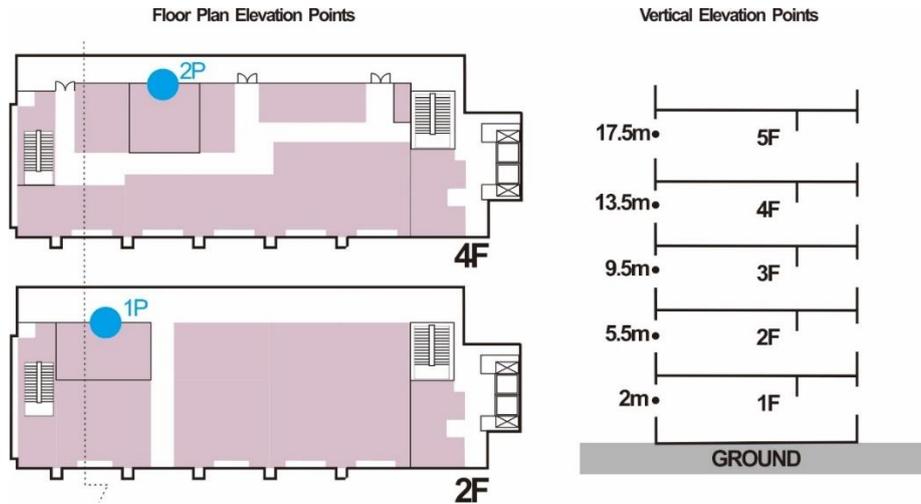
Metode analisis yang digunakan adalah Studi Kasus bangunan sejenis yang akan digunakan untuk disintesa dan diperoleh data-data baik parameter atau tolak ukur yang dibutuhkan dalam menguji dan menganalisis bangunan yang menjadi studi kasus terpilih (obyek penelitian). Metode analisis yang kedua dengan cara melakukan uji simulasi menggunakan bantuan software digital Velux Visualizer 2.0, untuk mensimulasikan kondisi faktor pencahayaan alami pada bangunan kampus FMIPA UGM.

Variabel Penelitian yang akan diamati adalah pertama, Faktor pencahayaan alami (DF), Luminance (cd/m²), dan Illuminance (Lux).



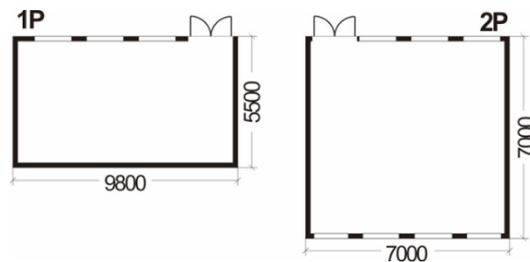
Gambar 3. Antar muka Software Velux Visualizer 2.0
Sumber: Penulis, 2018

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4. Titik evaluasi dilihat dari denah dan potongan
Sumber: Penulis, 2018

Bangunan Kampus FMIPA memiliki total 7 lantai dan 1 basement dengan ketinggian antar lantai yakni 4.2 meter. Namun pada penelitian ini, dipilih sebanyak 2 sampel titik pengamatan (titik yang dievaluasi) berdasarkan pertimbangan karakteristik ruang kelas (dalam hal ini dibatasi sampel ruang berupa ruang kelas) yang berada pada area dengan single-loaded corridor pada lantai 2 sebagai 1P dan double-loaded corridor pada lantai 4 sebagai 2P.



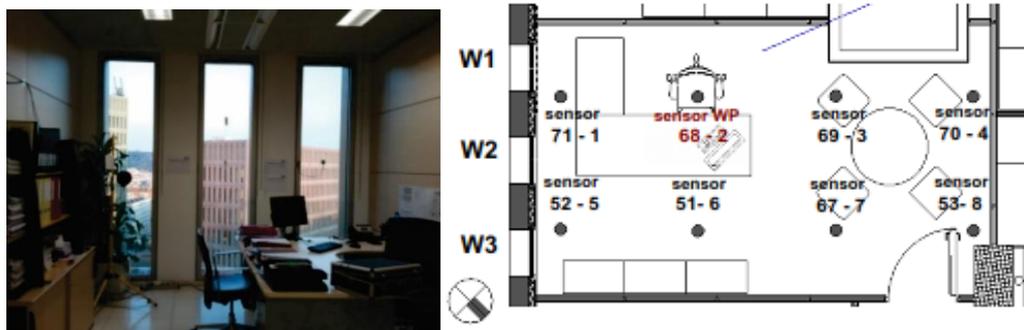
Gambar 5. Denah ruang kelas sebagai titik pengamatan (1P dan 2P)
Sumber: Penulis, 2018

Studi Kasus Bangunan Sejenis

Sebelum masuk kepada uji terhadap studi kasus bangunan kampus FMIPA, sebagai bahan perbandingan terhadap variabel-variabel apa saja yang diteliti, dipilih 2 sampel studi kasus lain yang pernah diteliti.

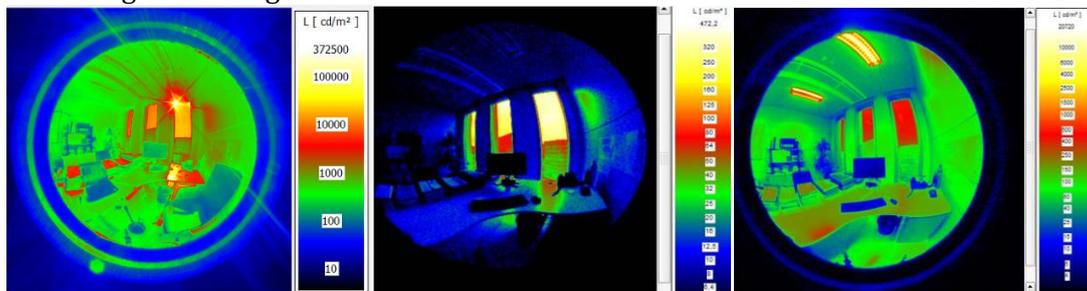
La Ciutat de la Justicia, Barcelona

Bangunan ini merupakan kantor departemen hukum untuk daerah metropolitan di Barcelona, Spanyol. Maria Leandra Gonzalez Matterson dari Catalonia Institute of Energy Research (IREC) melakukan penelitian tentang pencahayaan alami dan kenyamanan visual pada bangunan ini dengan menggunakan sampel ruang kantor yang terletak pada lantai 11.



Gambar 6. Ruang Kantor sebagai sampel ruang yang disimulasikan
Sumber: Leandra, 2013

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan menggunakan software DAYSIM Dynamic Simulation, didapatkan data tingkat luminansi pada ruang kantor rata-rata sebesar 100-1000 Lux pada kondisi langit cerah di bulan Maret 2012. Tingkat luminansi rata-rata sebesar 8-15 Lux pada kondisi langit overcast dan rata-rata sebesar 40-150 Lux pada kondisi langit mendung rendah.



Gambar 7. Hasil simulasi pada 3 kondisi langit (kiri-kanan: cerah, *overcast*, mendung)
Sumber: Leandra, 2013

Hughes & McNelis dalam Veitch (1996) senada mengatakan tingkat iluminansi pada 500-1500 Lux dapat meningkatkan rata-rata 9% produktivitas pekerja kantor yang melakukan aktivitas atau pekerjaan sangat halus. Setidaknya untuk tempat kerja, diasumsikan bahwa kondisi terkait tingkat kepuasan dan suasana hati adalah kondisi yang kondusif untuk melakukan dan menyelesaikan pekerjaan. Ada bukti studi yang terbatas mengenai gagasan ini. Baron et al. dalam Veitch (1996) menguji hipotesis bahwa kondisi pencahayaan yang menghasilkan pengaruh positif akan mempengaruhi kinerja tugas kognitif dan perilaku sosial.

The Queens Building De Montfort University, Leicester, Inggris Raya

Bangunan ini merupakan kompleks kampus dimana pendekatan desainnya menggunakan pencahayaan dan penghawaan alami. Ruang-ruang pada hampir seluruh bangunan menggunakan pencahayaan alami yang berasal dari jendela di sisi kiri dan kanan. Bagian tersebut merupakan bagian yang terbayang (mendapat bayangan) dari sinar matahari langsung lewat penempatan jendela yang sedikit menjorok kedalam serta overhang dari tritisan atap. Pencahayaan pada bagian utara dan bagian atap menggunakan bidang yang panjang dan lebar serta dikombinasikan dengan cerobong-cerobong ventilasi untuk pencahayaan dan ventilasi. Sementara itu, ruang terbuka seperti foyer digunakan untuk memberikan ruang agar cahaya matahari dapat masuk kedalam inti ruang pada bangunan utama. Pada laboratorium mekanikal, kebutuhan tingkat pencahayaan yang lebih besar dipenuhi melalui jendela gable dan skylight yang juga berperan sebagai ventilator atap untuk mengeluarkan udara panas pada ruang.



Gambar 8. The Queens Building De Montfort University dan interior bangunan
Sumber: Institute of Efficiency and Sustainability Development

Performa pencahayaan alami pada bangunan ini sudah diamati sepanjang hari selama 12 bulan dan telah dibahas dalam jurnal '*Daylighting under the microscope*' (*Chartered Institute of Building Services, 1996*).

Hedge et al dalam Veitch (1996) telah melakukan studi lapangan terhadap sistem pencahayaan terhadap jendela louver yang terdapat pada atap. Mereka mengumpulkan data tentang tingkat kepuasan dan kesehatan serta produktivitas pengguna ruangan. Berdasarkan laporan tersebut, data produktivitas yang dilaporkan menunjukkan bahwa pekerja kantor yang ruangnya menerima sistem pencahayaan tidak langsung, percaya bahwa produktivitasnya meningkat 2.5%. Artinya, penggunaan jendela louver sebagai sistem pencahayaan tidak langsung dapat berpengaruh terhadap tingkat produktivitas pengguna ruangan. Demikian halnya dengan aplikasi pada bangunan The Queens Building De Montfort University, melalui strategi pencahayaan alami berupa cerobong-cerobong cahaya serta memanfaatkan bukaan dibagian bawah dan atas ruangan.

Studi Kasus Lain yang Terkait

Dengan pengukuran melalui spectrum panjang gelombang, beberapa studi juga menampilkan kaitan antara rentang panjang gelombang cahaya yang berpengaruh terhadap kesehatan dan kenyamanan visual. Dalam hal ini, satuan spectrum cahaya diukur berdasarkan satuan panjang gelombang yakni nanometer (nm), jika kita konversikan kedalam satuan iluminansi (dalam lux), didapatkan bahwa untuk 1 lux sama dengan 1 nm dikalikan dengan 1.23.

Dalam sebuah studi, dikatakan bahwa spektrum aksi photobiologis (proses biologis pada tubuh) yang memiliki pengaruh tinggi pada manusia berkisar pada range dari 290 hingga 770 nm atau setara dengan 356 - 947 lux. Sedangkan untuk penglihatan yang paling sensitif terhadap cahaya berada pada rentang 500-650 nm atau setara dengan 615 - 800 lux. Cahaya alami dapat menyediakan distribusi energi spektral yang diperlukan untuk semua fungsi biologis diatas. (Veitch and Newsham, 1996)

Uji Simulasi Digital Bangunan Kampus FMIPA

Data sampel ruang pada bangunan yang diperlukan dalam uji simulasi model terkait dengan geometri bangunan dan elemen pelingkupnya, data material permukaan ruang, hingga bukaan (jendela efektifnya) disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 2. Data bangunan untuk Uji simulasi model

No	Elemen	Kondisi
1.	Kondisi Langit	
	• Altitude	3,0 m
	• Latitude	-7.42° LS
	• Longitude	-110.21° BT
	• Sky Models	No directsun, overcast
2.	Data Bangunan	
	1P	
	Dimensi ruang	
	• Panjang	9.80 m
	• Lebar (Kedalaman ruang)	5.50 m
	• Tinggi	3.60 m
	Elevasi Jendela efektif	5.50 m
	Orientasi	Utara
	2P	
	Dimensi ruang	
	• Panjang	7.0 m
	• Lebar (Kedalaman ruang)	7.0 m
	• Tinggi	3.60 m
	Elevasi Jendela efektif	13.50 m
	Letak Jendela Efektif	2 sisi bidang dinding berhadapan
	Orientasi	Utara dan Selatan

Sumber: Penulis, 2018

Simulasi dilakukan untuk kondisi pada bulan Maret, dimana pada bulan ini terjadi Vernal Equinox (lama waktu siang dan malam sama, 12 jam) - pada semua garis lintang (latitude). Matahari terbit tepat dari Timur dan terbenam tepat di Barat. Karena kondisi langit tanpa sinar matahari langsung, maka Solar Component tidak berpengaruh terhadap tingkat iluminasi dalam ruang. (Mahaputri, 2010)

Berdasarkan hasil simulasi digital menggunakan VELUX Daylight Visualizer 2.0, pada ruang perkuliahan yang terletak di lantai 2 dan 4, didapatkan data pengukuran berupa tingkat luminansi (cd/m²), iluminansi (lux), dan daylight factor (DF) ruangan. Simulasi digital menggunakan VELUX Daylight Visualizer 2.0 dilakukan pada zona waktu default serta waktu simulasi dilakukan pada bulan Maret tanggal 21, dan pengukuran dilakukan pada 3 waktu yakni pukul 09.00, 12.00 dan 15.00.

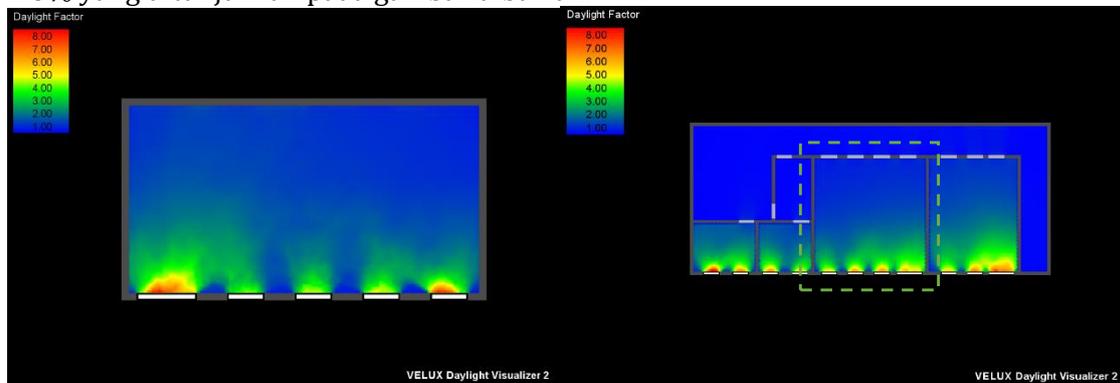
Daylight Factor (DF)

TITIK AMATAN 1

Nilai Daylight Factor ruangan kelas titik amatan 1 menunjukkan rata-rata nilai DF yakni 1.91% yang ditunjukkan pada gambar dibawah. Nilai rata-rata DF yang direkomendasikan untuk bangunan kantor atau sekolah sendiri berkisar 2%-4%.

TITIK AMATAN 2

Nilai Daylight Factor ruangan kelas titik amatan 12 menunjukkan rata-rata nilai DF yakni 1.8% yang ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 9. Daylight Factor pada 1P dan 2P (dinyatakan dalam persen)

Sumber: Penulis, 2018

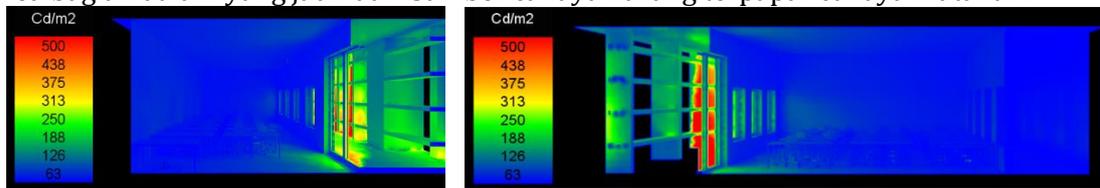
Luminance (cd/m²)

TITIK AMATAN 1

Pada hasil simulasi luminansi, rata-rata pola penyebaran distribusi cahaya matahari dapat dikatakan cukup merata meskipun tingkat luminansi tidak tersebar merata keseluruhan ruangan. Berdasarkan hasil perancangan, bidang panjang ruang yang menghadap arah datangnya cahaya memberikan sedikit ruang untuk cahaya matahari masuk kedalam ruang. Berdasarkan hasil simulasi, dinding bagian dalam pada ruang perkuliahan sedikit terpapar cahaya. Dengan kata lain, pada titik amatan 1 yaitu pada ruang perkuliahan lantai 2, distribusi tingkat iluminansi pada ruangan tergantung pada kedalaman ruang tersebut dari sumber masuknya cahaya.

TITIK AMATAN 2

Rata-rata pola penyebaran atau distribusi dari cahaya matahari dapat dikatakan kurang merata seiring kurangnya tingkat luminansi pada ruangan. Ruang dengan bentuk geometri persegi dengan kedalaman ruang 7m dan lubang masuknya cahaya yang kurang dari 30% dari luas dinding membuat distribusi cahaya menjadi kurang merata dan menyebabkan area bagian dalam yang jauh dari sumber cahaya kurang terpapar cahaya matahari.



Gambar 10. Luminance rata-rata pada 1P dan 2P (dalam cd/m²)

Sumber: Penulis, 2018

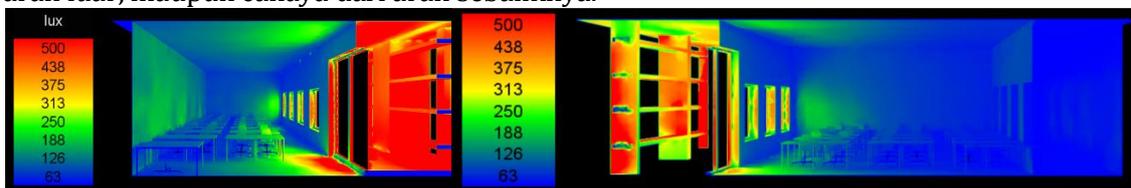
Illuminance (lux)

TITIK AMATAN 1

Tingkat iluminansi rata-rata pada ruang perkuliahan sudah terdistribusi cukup baik hingga mencakup hampir 2/3 dari ruangan. Tingkat iluminansi pada ruangan berkisar antara batas *contour* berwarna biru hingga hijau yaitu pada rentang 63 Lux hingga area didekat sumber masuknya cahaya atau jendela sampai sekitar 250 Lux.

TITIK AMATAN 2

Pada hasil simulasi iluminansi, rata-rata tingkat pencahayaan pada ruang kurang baik dan tidak terdistribusi dengan baik. Penggunaan jendela pada bidang dinding bagian dalam (yang menghadap koridor bagian dalam) juga tidak memberikan dampak masuknya cahaya dilihat dari hasil simulasi. Hal tersebut didasarkan pada adanya temuan bahwa jendela tersebut sama sekali tidak mentransmisikan cahaya, baik pada cahaya yang datang dari arah luar, maupun cahaya dari arah sebaliknya.



Gambar 11. Illuminance rata-rata pada 1P dan 2P (dalam lux)

Sumber: Penulis, 2018

Korelasi Hasil Performa Pencahayaan Alami dan Produktivitas di Kampus FMIPA

Perhitungan Feasibility Factor (FF)

WWR = Nilai WWR didapat dari rasio luas lubang cahaya efektif terhadap luas dinding

VT = *Visible Transmittance* yang digunakan adalah jenis Single Pane Clear 0.89

OF = Nilai *Obstruction Factor* yang digunakan 0.65 karena jendela terhalang >70%

Tabel 3. Perbandingan hasil *Feasibility Factor* di kedua titik amatan

<u>TITIK AMATAN 1</u>	<u>TITIK AMATAN 2</u>
Feasibility Factor (FF) = WWR x VT x OF	Feasibility Factor (FF) = WWR x VT x OF
= 0.16 x 0.89 x 0.65	= 0.31 x 0.89 x 0.65
= 0.09	= 0.18

Sumber: Penulis, 2018

Kedua titik amatan menunjukkan hasil $FF < 0.25$ yang artinya hasil kelayakan terhadap banyaknya cahaya masuk dari *daylight* yang diterapkan pada setiap kebutuhan ruang belum memenuhi kriteria.

Sesuai dengan literatur sebelumnya, Veitch and Newsham (1996) dalam jurnal *Lighting Research & Recommendations* mengatakan bahwa "*Biological effects of light require high illuminance...*". Maka dapat ditarik benang merah bahwa adanya keterkaitan antara tingkat pencahayaan yang tinggi terhadap efek biologis pada tubuh, kemudian didukung pula dengan hasil perhitungan terhadap feasibility factor yang dapat menunjukkan nilai kelayakan dari suatu ruang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi performa pencahayaan alami yang terkait dengan produktivitas pengguna dalam studi kasus bangunan kampus FMIPA terdiri dari beberapa poin, sebagai berikut:

1) Kedalaman ruang

Ruang di titik pengamatan 1 memiliki hasil tingkat iluminansi yang lebih besar dan merata dibandingkan ruangan di titik pengamatan 2. Hal tersebut dikarena bentuk ruangan pada titik amatan 1 lebih pipih dengan kedalaman ruang 5.5m dibandingkan dengan titik amatan 2 dengan kedalaman ruang hingga 7m yang membuat distribusi cahaya melalui lubang cahaya efektif tidak maksimal masuk hingga ke keseluruhan ruangan kelas.

2) Distribusi cahaya terhadap Rasio denah

Menurut Lechner (1991) Denah berbentuk bujur sangkar 16% areanya sama sekali tidak mendapat cahaya alami dan 33% mendapat cahaya alami sebagian. Hal tersebut sejalan dengan hasil simulasi pada titik amatan 2 yang menunjukkan hasil pada ruang kelas tersebut memiliki tingkat pencahayaan yang paling tidak terdistribusi secara merata. Bahkan bagian tengah ruang tidak mendapat cahaya matahari dengan hasil pengujian hanya sebesar 1.8 lux. Sedangkan untuk titik amatan 2, menunjukkan distribusi cahaya yang lebih merata masuk kedalam ruang yang berkisar dari 50-100 lux untuk dibagian ruang yang lebih dalam.

3) WWR (wall to window ratio)

Yang pada kedua sampel ruangan, rasio luas lubang cahaya efektif kurang dari 30% terhadap luas dinding yang menyebabkan area yang dapat diakses oleh cahaya untuk masuk kedalam bangunan menjadi terbatas.

Kemudian, korelasi hasil performa pencahayaan alami dan produktivitas pengguna, dapat dikatakan diindikasikan memiliki pengaruh terhadap dampak kesehatan yang berimplikasi kepada produktivitas pengguna ruang. Berdasarkan hasil perhitungan Daylight Feasibility Factor, menunjukkan hasil kedua titik amatan nilai $FF < 0.25$ yang artinya hasil kelayakan terhadap banyaknya cahaya masuk dari *daylight* yang diterapkan pada setiap kebutuhan ruang belum memenuhi kriteria. Sehingga secara berurutan dapat dikorelasikan antara tingkat pencahayaan yang kurang pada ruang di titik amatan 2, dapat diindikasikan menyebabkan efek biologis pada tubuh dilihat dari terjadinya pergeseran fase dari ritme *circadian* tubuh yang seharusnya. Kemudian dengan nilai *feasibility factor* / $FF < 0.25$ yang termasuk belum memenuhi kriteria, dapat mempengaruhi fungsi tubuh yang berhubungan dengan kinerja atau produktivitas.

Dari penelitian ini, beberapa solusi yang perlu diperhatikan mengenai faktor-faktor yang menghalangi distribusi cahaya alami masuk kedalam ruang adalah salah satunya dengan pertimbangan dalam memperluas bukaan jendela (lubang cahaya efektif) dan mengurangi bentuk rasio denah dengan kedalaman ruang yang tinggi (jika tidak disertai dengan bukaan tengah/void) serta penggunaan kaca dengan nilai VT yang lebih tinggi. Namun permasalahan lain yang dapat ditemui pada studi kasus bangunan lain, faktor terbesar yang ditemui adalah karena geometri bangunan yang berpengaruh terhadap luas dan orientasi bukaan, shading devices yang digunakan, hingga selubung bangunan. Yang perlu digarisbawahi bahwa penelitian yang telah dilakukan selama lebih dari dua dekade terakhir terkait dengan kualitas/performa pencahayaan dan masih menjadi perdebatan dimana kedudukan kualitas pencahayaan bukan hanya untuk tujuan hemat energi namun juga berkualitas baik dalam hal memenuhi kebutuhan dan kesehatan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Atthailah, Iqbal, dan Situmeang. 2017. Simulasi Pencahayaan Alami pada Gedung Program Studi Arsitektur Universitas Malikussaleh. *NALARs Jurnal Arsitektur* Volume 16 Nomor 2 Juli 2017 : 113-124.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan: SNI 03-6197-2000.
- Badan Standar Nasional Indonesia. 2001. Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Bangunan Gedung: SNI 03-2396-2001.
- Boubekri, M. 2008. *Daylighting, Architecture and Health*. New York: Architectural Press.
- D.Clements-Croome, dan Y. Kaluarachi. 2000. *Assessment and Measurement of Productivity in Creating the Productive Workplace*. London: E.&F.N. Spon.
- Lechner, Norbert. 2015. *Heating, Cooling, Lighting*. New Jersey: John, Wiley & Sons.
- L. Edwards, P. A. Torcellini, and N. R. E. 2002. A Literature Review of The Effects of Natural Light on Building Occupants. *National Renewable Energy Laboratory*.
- Mahaputri, H. E. 2010. Studi Simulasi Model Penerangan Alami (Daylighting) Ruang pada Bangunan Fasilitas Pendidikan Tinggi dengan Superlite 2.0. *Jurnal Teknologi Dan Kejuruan*, Vol. 33, No. 2, September 2010: 201.
- Mandala, Ariani. 2016. Komparasi Metode Perhitungan Pencahayaan Alami (Perhitungan Manual, Simulasi Maket, dan Simulasi Digital). *Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*. Bandung: Universitas Khatolik Parahyangan.
- N. Shishegar, M. Boubekri. 2016. Natural Light and Productivity: Analyzing the Impacts of Daylighting on Students' and Workers' Health and Alertness. *International Conference on "Health, Biological and Life Science" (HBLS-16)* April 18-19, 2016. Istanbul, Turkey.
- P. Boyce, C. Hunter, and O. Howlett. 2003. *The Benefits of Daylight through Windows*. Lighting Research Center. New York: Rensselaer Polytechnic Institute.
- Rizal, Yose. 2016. 3rd CPESE: Daylight Factor Estimation Based on Data Sampling Using Distance Weighting. *Energy Procedia* 100:54 – 64.
- Sanoff, H. 1992. *Integrating Programming, Evaluation and Participation In Design*. (Routledge Revivals): A Theory Z Approach. Routledge.
- Soegijanto. 1993. Standar Tata Cara Perancangan Konservasi Energi pada Bangunan Gedung. *Seminar Hemat Energi dalam Bangunan*. Surabaya: FT Arsitektur, Universitas Kristen Petra.
- S. Altomonte. 2009. Daylight and the Occupant, Visual and Physio-Psychological Well-Being in Built Environment. *Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Quebec City, Canada, 22-24 June, 2009.
- Veitch, Jennifer A. and Newsham, Guy R. 1996. Determinants of Lighting Quality II: Research and Recommendations. *Lighting Research & Recommendations, Presented at the 104th Annual Convention of the American Psychological Association*, Toronto, Ontario, Canada.