

Studi “Daylight Comfort” untuk Bangunan Pendidikan yang Berkelanjutan

*Irnawaty Idrus¹, Salmiah Zainuddin²

^{1,2}Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

Email: irnawatyidrus@unismuh.ac.id; salmiah@unismuh.ac.id

*Penulis korespondensi, Masuk: 22 Okt. 2021, Revisi: 07 Nov. 2021, Diterima: 09 Nov. 2021

ABSTRAK: *Bangunan berkelanjutan adalah suatu prinsip arsitektur yang berupaya meminimalkan dampak negatif lingkungan bangunan dengan efisiensi dan moderasi dalam penggunaan bahan, energi, serta ekosistem secara luas. Salah satu upaya efisiensi energi bangunan adalah optimalisasi cahaya alami pada bangunan dengan tetap mengedepankan unsur kenyamanan bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi tingkat kenyamanan pencahayaan alami eksisting pada ruang kelas sekolah dasar dan menengah di Makassar. Penelitian ini menganalisis dua indikator kenyamanan pencahayaan alami yaitu Daylight Quantity dan Daylight Uniformity. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode survei dengan mengumpulkan data parameter pencahayaan alami berupa nilai iluminasi dalam dan luar ruangan, serta data geometri ruang dan bukaan, kemudian hasilnya dianalisis dengan standar penilaian/ metrik yang berlaku. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hanya 32% dari keseluruhan sampel yang dapat memenuhi standar intensitas cahaya dan keseragaman cahaya, selebihnya yaitu 68% dari keseluruhan sampel hanya memenuhi salah satu indikator kenyamanan pencahayaan alami.*

Kata kunci: *Kenyamanan Visual, Cahaya Alami, Ruang Kelas, Bangunan Berkelanjutan*

ABSTRACT: Sustainable building is an architectural principle that seeks to minimize the negative environmental impact of buildings with efficiency and moderation in the use of materials, energy, and a wide ecosystem. One of the building's energy efficiency efforts is optimizing natural light in the building while still prioritizing the comfort element of the building. This study aims to investigate the existing daylight comfort level in elementary, junior and senior high school classrooms in Makassar. This study analyzes two indicators of the comfort of natural lighting, namely Daylight Quantity and Daylight Uniformity. The method used in this study is a survey method by collecting natural lighting parameter data in the form of indoor and outdoor illumination values, as well as space and opening geometry data, then the results are analyzed using applicable metrics/standards. The results showed that only 24% of the entire sample could meet the standard of light intensity and light uniformity, the remaining 76% of the total sample only met one of the indicators of the comfort of natural lighting.

Keywords: Visual Comfort, Daylight, Classrooms, Sustainable Buildings

1. PENDAHULUAN

Bangunan yang berkelanjutan adalah bangunan dengan pendekatan desain yang meminimalkan efek berbahaya pada kesehatan manusia dan lingkungan [1]. Dalam penerapan konsep keberlanjutan pada bangunan, banyak manfaat yang akan diperoleh, antara lain manfaat lingkungan, sosial dan ekonomi. Manfaat lingkungan adalah dapat mengurangi polusi, melestarikan sumber daya alam dan mencegah degradasi lingkungan [2]. Dari segi ekonomi yaitu dapat mengurangi biaya yang harus dikeluarkan oleh untuk energi listrik dan dari segi sosial dapat meningkatkan produktivitas pengguna [3].

Salah satu upaya efisiensi energi bangunan adalah optimalisasi cahaya alami pada bangunan dengan tetap mengedepankan unsur kenyamanan bangunan. Salah satu peran yang diberikan cahaya alami pada manusia adalah dalam hal kenyamanan. Peran ini diberikan tidak hanya di dalam bangunan, tetapi juga di luar bangunan. Kondisi visual yang terlalu gelap karena kurangnya cahaya akan menciptakan ketidaknyamanan bagi indera visual.

Pada bangunan pendidikan, kenyamanan visual sangatlah penting, mengingat sebagian besar pengetahuan melalui transfer visual [4]. Kualitas pencahayaan dalam kelas akan sangat berpengaruh

signifikan terhadap performa murid dan kegiatan belajar mengajar [5]. Kondisi pencahayaan di dalam kelas akan sangat berpengaruh terhadap *learning performance* siswa dan *academic performance* siswa [6]. Kualitas pencahayaan yang buruk dapat menyebabkan mengantuk, tidak bersemangat, dan susah untuk fokus ke mata pelajaran [7].

Secara garis besar, faktor yang dapat mempengaruhi performa visual ditinjau dari dua kategori, yaitu dari kegiatan visual dan kondisi pencahayaan [8]. Kondisi pencahayaan dapat diukur dengan tingkat iluminasi, tingkat keseragaman cahaya (*uniformity*) dan tingkat kesilauan.

Kenyamanan visual pada ruang dapat diuji dengan menggunakan metode/ metrik untuk menilai pencahayaan ruang yang telah dikembangkan oleh peneliti-peneliti di bidang pencahayaan. Secara garis besar metrik tersebut terbagi menjadi empat faktor yaitu kuantitas cahaya, distribusi cahaya, kualitas cahaya dan kesilauan [9].

Metrik untuk menilai kuantitas cahaya antara lain *Illuminance (E)*, *Daylight Factor (DF)*, *Usefull Daylight Illuminance (UDI)*, *Continous Daylight Autonomy (DAcon)*, *Frequency of Visual Comfort (FVC)*, *Intensity of Visual Discomfort (IVD)* dan *Spatial Daylight Autonomy (sDA)*.

Metrik untuk menilai distribusi cahaya adalah *Illuminance Uniformity (UO)*. Metrik untuk menilai mengenai kualitas cahaya antara lain *Flattery Index (Rf)*, *Color Discrimination Index*, *Color Preference Index*, *Color Rendering Capacity*, *Color Rendering Index (CRI or Ra)*, *Feeling of Contrast Index*, dan *Color Quality Scale*.

Metrik untuk menilai tingkat kesilauan antara lain *Luminance (L)*, *Luminance ratio*, *British Glare Index (BGI)*, *Visual Comfort Probability (VCP)*, *CIE Glare Index (CGI)*, *Discomfort Glare Index (DGI)*, *Pointer's color rendering index*, *J-Index*, *Unified Glare Rating (UGR)*, *Predicted Glare Sensation Vote (PGSV)*, *Unified Glare Rating for small light sources*, *Great-room Glare Rating (GGR)*, *New Discomfort Glare Index (DGIN)*, *Discomfort Glare Probability (DGP)*, *Wienold's Simplified Discomfort Glare Probability (DGPs)*, *Hviid's simplification of the Discomfort Glare Probability (DGPs)*, dan *Enhanced Simplified Discomfort Glare Probability (eDGPs)*.

Metrik dengan pendekatan persepsi visual juga mulai dikembangkan oleh beberapa peneliti sehingga dapat mengukur komponen subjektif dari kualitas pencahayaan [10]. Beberapa peneliti telah mengembangkan faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan persepsi yang dianalisis berdasarkan harapan dan perilaku [11], jenis kegiatan [12], orientasi tempat duduk dan kedekatan jendela [13], suasana hati,

kewaspadaan dan kesejahteraan [14], kualitas tampilan luar [15, 16], desain interior [13] dan pendekatan alternatif untuk menilai cahaya alami dengan persepsi terhadap kuantitas, distribusi dan kesilauan [17].

Pada penelitian ini, pencahayaan pada ruang kelas bangunan sekolah dasar dan menengah akan diukur secara fotometrik dengan melihat dua faktor kenyamanan pencahayaan alami sekaligus yaitu dari kuantitas (*daylight quantity*) dan distribusi cahayanya (*daylight uniformity*). Penelitian-penelitian sebelumnya hanya menilai dari satu faktor kenyamanan dan mengabaikan faktor lainnya [18, 19]. Penelitian ini mengevaluasi kondisi eksisting pencahayaan alami pada bangunan pendidikan.

Faktor kuantitas dan distribusi cahaya alami diukur dengan melihat nilai tingkat cahaya alami (*daylighting levels*) dalam ruang. Hasil dan metode penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam mengembangkan rekayasa desain pasif bangunan pendidikan yang berkelanjutan.

2. METODE DAN INSTRUMEN PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah survei dan analisis berdasarkan literatur standar. Dilakukan survey terhadap sampel dari tujuh sekolah dasar dan menengah di Makassar. Metode pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan *Purposive Sampling* yaitu teknik sampling menggunakan kriteria yang telah dipilih oleh peneliti berdasarkan tujuan penelitian.

Adapun kriteria sekolah yang akan menjadi sampel penelitian adalah merupakan sekolah negeri, memiliki ruang kelas dengan ukuran standar, baik untuk SD, SMP ataupun SMA, dan dipilih satu sekolah tiap satu kecamatan. Sekolah yang terpilih menjadi sampel penelitian adalah SD Inpres Daya, SD Inpres Ujung Pandang Baru, SMP Negeri 29, SMP Negeri 10, SMA Negeri 4, SMA Negeri 21 dan SMA Negeri 2. Pengumpulan data dilakukan pada bulan Juli-Agustus 2021. Waktu pengukuran jam 09:00 sampai 12:00.

2.1. Pengujian Pencahayaan Alami

Pengujian pencahayaan alami dilakukan untuk memperoleh data eksisting mengenai kondisi cahaya alami di dalam ruang kelas. Adapun langkah pengujian pencahayaan alami, adalah:

a. Geometri Ruang Kelas

Pada tahap ini, mengumpulkan data eksisting ruang kelas berupa ukuran dimensi ruang kelas (panjang, lebar dan tinggi kelas yang diukur dari lantai ke plafon), arah orientasi bukaan kelas, material dan dimensi bukaan, serta elevasi ruang kelas.

b. Kondisi Langit

Pendataan kondisi langit dilakukan dengan observasi dan interpretasi pengamat terhadap jumlah awan.

Kondisi langit ditentukan berdasarkan jumlah awan yang dikategorikan dalam nilai rentang 0 – 8, dengan satuan Octas. Menurut Soegijanto, dikategorikan langit tanpa awan (*clear sky*) apabila jumlah awan dengan nilai 0 - 1 octas, langit yang sebagian tertutup awan (*intermediate sky*) dengan nilai 2 - 6 octas, dan langit yang seluruhnya tertutup awan (*overcast sky*) dengan nilai 7 - 8 octas [20].

3. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya dalam ruang kelas diukur dengan menggunakan alat ukur Luxmeter pada titik-titik ukur yang ditentukan berdasarkan SNI No.03-2396-1991 [21]. Ketinggian titik ukur yaitu 0,75 m dari lantai kelas. Dari analisis dimensi ruang kelas, ditentukan 6 Titik Ukur, yaitu Titik Ukur Utama (TUU) sebanyak 2 titik ukur dan Titik Ukur Samping (TUS) sebanyak 4 titik ukur.

2.2. Analisis Pencahayaan Alami

Kuantitas cahaya alami dalam kelas dianalisis berdasarkan standar SNI 03-6197-2000, tentang tingkat rata-rata cahaya yang direkomendasikan [22]. Sehingga acuan dalam menganalisis Daylight Quantity seperti Persamaan (1).

$$E_{avg} \geq 250Lux \tag{1}$$

Tabel 1. Rekomendasi Tingkat Pencahayaan Rata-rata

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)
Ruang Kelas	250
Perpustakaan	300
Laboratorium	500
Ruang Gambar	750
Kantin	200

(Sumber: SNI 03-6197-2000)

Distribusi cahaya alami dianalisis berdasarkan metrik *Illuminance Uniformity* (U_o), dengan Persamaan (2):

$$(E_{min} \div E_{max}) \times 100\% \tag{2}$$

Nilai yang dihasilkan akan mengacu pada standar “*Daylight Illuminance Uniformity Indicator for Office Building Sourced, Malaysia*” [23] dimana; $U_o \geq 0,5$ Acceptable; $U_o \geq 0,7$ Preferable.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. SD Inpres Ujung Pandang Baru

SD Inpres Ujung Pandang Baru adalah sekolah dasar negeri yang terletak di kecamatan Tallo, Makassar. Sekolah ini berada di tengah permukiman padat penduduk, situasi sekolah dapat terlihat pada

Gambar-1. Dilakukan pengukuran pada tiga kelas dengan orientasi bukaan Timur-Barat. Luas masing-masing ruang kelas adalah 52,5 m². Kondisi Cuaca pada saat pengukuran Cerah.



Gambar 1. Foto Udara SD Ujung Pandang Baru

Tabel 2. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya SD Ujung Pandang Baru

Kode Kelas	E_{max}	E_{min}	E_{avg}	E_{avg} luar
A-1	371	113	261	56.300
A-2	131	113	119	86.567
A-3	175	82	153	89.467

Dari hasil pengukuran, maka analisis pencahayaan alami di SD Ujung Pandang Baru, sebagai berikut:

Tabel 3. Analisis Pencahayaan Alami SD Ujung Pandang Baru

Analisis	A-1	A-2	A-3
Daylight Quantity	$E_{avg} = 261 > 250Lux$ Memenuhi	$E_{avg} = 119 < 250Lux$ Belum Memenuhi	$E_{avg} = 153 < 250Lux$ Belum Memenuhi
Daylight Uniformity	$U_o = 0,3 < 0,5$ Belum Memenuhi	$U_o = 0,8 > 0,5$ Memenuhi	$U_o = 0,4 < 0,5$ Belum Memenuhi

3.2. SD Inpres Daya

SD Inpres Daya adalah sekolah dasar negeri yang terletak di kecamatan Biringkanaya, Makassar. Sekolah ini berlokasi di poros jalan provinsi. Situasi sekolah dapat terlihat pada Gambar-2. Dilakukan pengukuran pada empat kelas dengan orientasi bukaan Timur-Barat. Luas masing-masing ruang kelas adalah 52,5 m². Kondisi Cuaca pada saat pengukuran Cerah.



Gambar 2. Foto Udara SD Inpres Daya

Tabel 4. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya SD Inpres Daya

Kode Kelas	E_{max}	E_{min}	E_{avg}	E_{avg} luar
B-1	127	101	108	76.567
B-2	70	52	61	75.583
B-3	367	277	339	73.317
B-4	269	248	260	86.033

Dari hasil pengukuran, maka analisis pencahayaan alami di SD Inpres Daya, sebagai berikut:

Tabel 5. Analisis Pencahayaan Alami SD Inpres Daya

Analisis	B-1	B-2	B-3	B-4
Daylight Quantity	$E_{avg} = 180 < 250Lux$	$E_{avg} = 61 < 250Lux$	$E_{avg} = 339 > 250Lux$	$E_{avg} = 260 > 250Lux$
	Belum Memenuhi	Belum Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
Daylight Uniformity	$U_o = 0,8 > 0,5$	$U_o = 0,7 > 0,5$	$U_o = 0,8 > 0,5$	$U_o = 0,9 > 0,5$
	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi

3.3. SMP Negeri 29

SMP Negeri 29 adalah sekolah menengah pertama negeri yang terletak di kecamatan Mariso, Makassar. Sekolah ini berlokasi di tengah permukiman padat. Situasi sekolah dapat terlihat pada Gambar-3. Dilakukan pengukuran pada empat kelas dengan orientasi bukaan Utara-Selatan. Luas masing-masing ruang kelas adalah $63 m^2$. Kondisi Cuaca pada saat pengukuran Cerah.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya SMP Negeri 29

Kode Kelas	E_{max}	E_{min}	E_{avg}	E_{avg} luar
C-1	150	136	143	69.117
C-2	145	112	131	72.233
C-3	58	44	49	79.433
C-4	145	121	138	72.433



Gambar 3. Foto Udara SMP Negeri 29

Dari hasil pengukuran, maka analisis pencahayaan alami di SMP Negeri 29, sebagai berikut:

Tabel 7. Analisis Pencahayaan Alami SMP Negeri 29

Analisis	C-1	C-2	C-3	C-4
Daylight Quantity	$E_{avg} = 143 < 250Lux$	$E_{avg} = 131 < 250Lux$	$E_{avg} = 49 < 250Lux$	$E_{avg} = 138 < 250Lux$
	Belum Memenuhi	Belum Memenuhi	Belum Memenuhi	Belum Memenuhi
Daylight Uniformity	$U_o = 0,9 > 0,5$	$U_o = 0,8 > 0,5$	$U_o = 0,8 > 0,5$	$U_o = 0,8 > 0,5$
	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi

3.4. SMP Negeri 10

SMP Negeri 10 adalah sekolah menengah pertama negeri yang terletak di kecamatan Bontoala, Makassar. Sekolah ini berlokasi di tengah permukiman yang padat. Situasi sekolah dapat terlihat pada Gambar-4. Dilakukan pengukuran pada empat kelas dengan orientasi bukaan Utara-Selatan. Luas masing-masing ruang kelas adalah $63 m^2$. Kondisi Cuaca pada saat pengukuran Cerah.



Gambar 4. Foto Udara SMP Negeri 10

Tabel 8. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya SMP Negeri 10

Kode Kelas	E_{max}	E_{min}	E_{avg}	E_{avg} luar
D-1	431	353	407	68.183
D-2	21	12,5	15,3	71.833
D-3	176	151	159	79.483

Dari hasil pengukuran, maka analisis pencahayaan alami di SMP Negeri 10, sebagai berikut:

Tabel 9. Analisis Pencahayaan Alami SMP Negeri 10

Analisis	D-1	D-2	D-3
Daylight Quantity	$E_{avg} = 407 > 250Lux$ Memenuhi	$E_{avg} = 15,3 < 250Lux$ Belum Memenuhi	$E_{avg} = 159 < 250Lux$ Belum Memenuhi
Daylight Uniformity	$U_o = 0,8 > 0,5$ Memenuhi	$U_o = 0,6 > 0,5$ Memenuhi	$U_o = 0,9 > 0,5$ Memenuhi

3.5. SMA Negeri 4

SMA Negeri 4 adalah sekolah menengah atas negeri yang terletak di kecamatan Ujung Tanah, Makassar. Sekolah ini terdiri dari beberapa massa bangunan yang terdiri dari bangunan lantai satu dan lantai dua. Situasi sekolah dapat terlihat pada Gambar-5. Dilakukan pengukuran pada lima kelas dengan orientasi bukaan Timur-Barat. Luas masing-masing ruang kelas adalah $72 m^2$. Kondisi Cuaca pada saat pengukuran Cerah.



Gambar 5. Foto Udara SMA Negeri 4

Tabel 10. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya SMA Negeri 4

Kode Kelas	E_{max}	E_{min}	E_{avg}	E_{avg} luar
E-1	495	295	418	65.000
E-2	195	177	185,7	84.667
E-3	277	209	234,2	81.583
E-4	318	235	279,3	101.217
E-5	581	515	545,2	93.817

Dari hasil pengukuran, maka analisis pencahayaan alami di SMA Negeri 4, sebagai berikut:

Tabel 11. Analisis Pencahayaan Alami SMA Negeri 4

Analisis	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5
Daylight Quantity	$E_{avg} = 418 > 250Lux$ Memenuhi	$E_{avg} = 185 < 250Lux$ Belum Memenuhi	$E_{avg} = 234,2 < 250Lux$ Belum Memenuhi	$E_{avg} = 279,3 > 250Lux$ Memenuhi	$E_{avg} = 545,2 > 250Lux$ Memenuhi
Daylight Uniformity	$U_o = 0,6 > 0,5$ Memenuhi	$U_o = 0,9 > 0,5$ Memenuhi	$U_o = 0,8 > 0,5$ Memenuhi	$U_o = 0,7 > 0,5$ Memenuhi	$U_o = 0,9 > 0,5$ Memenuhi

3.6. SMA Negeri 2

SMA Negeri 2 adalah sekolah menengah atas negeri yang terletak di kecamatan Mamajang, Makassar. Sekolah ini terdiri dari beberapa massa bangunan yang terdiri dari bangunan lantai satu dan lantai dua. Situasi sekolah dapat terlihat pada Gambar-6. Dilakukan pengukuran pada tiga kelas dengan orientasi bukaan Timur-Barat dan Utara-Selatan. Luas masing-masing ruang kelas adalah $72 m^2$. Kondisi Cuaca pada saat pengukuran Cerah.



Gambar 6. Foto Udara SMA Negeri 2

Tabel 12. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya SMA Negeri 2

Kode Kelas	E_{max}	E_{min}	E_{avg}	E_{avg} luar
F-1	174	80	148	66.867
F-2	27	19	22	74.167
F-3	36	25	29	64.217

Dari hasil pengukuran, maka analisis pencahayaan alami di SMA Negeri 2, sebagai berikut:

Tabel 13. Analisis Pencahayaan Alami SMA Negeri 2

Analisis	F-1	F-2	F-3
Daylight Quantity	$E_{avg} = 148 < 250Lux$	$E_{avg} = 22 < 250Lux$	$E_{avg} = 29 < 250Lux$
	Belum Memenuhi	Belum Memenuhi	Belum Memenuhi
Daylight Uniformity	$U_o = 0,4 < 0,5$	$U_o = 0,7 > 0,5$	$U_o = 0,7 > 0,5$
	Belum Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi

3.7. SMA Negeri 21

SMA Negeri 21 adalah sekolah menengah atas negeri yang terletak di kecamatan Tamalanrea, Makassar. Sekolah ini terdiri dari bangunan kelas berlantai dua yang mengelilingi lapangan. Lahan sekolah cukup luas, sehingga akses pencahayaan alami ke dalam ruang sangat baik. Beberapa kelas yang memiliki intensitas rendah, disebabkan karena penempatan vegetasi yang kurang tepat. Situasi sekolah dapat terlihat pada Gambar-7. Dilakukan pengukuran pada tiga kelas dengan orientasi bukaan Timur-Barat dan Utara-Selatan. Luas masing-masing ruang kelas adalah $72 m^2$. Kondisi Cuaca pada saat pengukuran Cerah.

Tabel 14. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya SMA Negeri 21

Kode Kelas	E_{max}	E_{min}	E_{avg}	E_{avg} luar
G-1	147	123	131	76.000
G-2	264	224	243	85.150
G-3	359	250	286	81.933

Dari hasil pengukuran, maka analisis pencahayaan alami di SMA Negeri 21, sebagai berikut:

Tabel 15. Analisis Pencahayaan Alami SMA Negeri 21

Analisis	G-1	G-2	G-3
Daylight Quantity	$E_{avg} = 131 < 250Lux$	$E_{avg} = 243 < 250Lux$	$E_{avg} = 286 > 250Lux$
	Belum Memenuhi	Belum Memenuhi	Memenuhi
Daylight Uniformity	$U_o = 0,8 < 0,5$	$U_o = 0,8 > 0,5$	$U_o = 0,7 > 0,5$
	Belum Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi

Tabel 16. Karakteristik Ruang Kelas

No.	Nama Sekolah	Kode Kelas	Ukuran (m)	Luas Bukaan Efektif (m^2)
1	SD Inpres Ujung	A-1	7.5 x 7 x 3	12.66
2	Pandang Baru	A-2	7.5 x 7 x 3	12.66
3		A-3	7.5 x 7 x 3	12.66
4	SD Inpres	B-1	7.5 x 7 x 2.8	12.52
5	Daya	B-2	7.5 x 7 x 2.8	12.52
6		B-3	7.5 x 7 x 2.8	12.52
7		B-4	7.5 x 7 x 2.8	12.52
8	SMP Negeri 29	C-1	9 x 7 x 3.3	24.08
9		C-2	9 x 7 x 3.3	28.28
10		C-3	9 x 7 x 3.3	18.2
11		C-4	9 x 7 x 3.3	24.082
12	SMP Negeri 10	D-1	9 x 7 x 3.3	28.7
13		D-2	9 x 7 x 3.3	10.32
14		D-3	9 x 7 x 3.3	28.7
15	SMA Negeri 4	E-1	9 x 8 x 3.8	23.52
16		E-2	9 x 8 x 3.8	18.9
17		E-3	9 x 8 x 3.8	13.3
18		E-4	9 x 8 x 3.8	14.28
19		E-5	9 x 8 x 3.8	16.8
15	SMA Negeri 2	F-1	9 x 8 x 3.0	19.6
16		F-2	9 x 8 x 3.0	19.6
17		F-3	9 x 8 x 3.0	19.6
15	SMA Negeri 21	F-1	9 x 8 x 3.7	21.63
16		F-2	9 x 8 x 3.7	21.63
17		F-3	9 x 8 x 3.7	21.63

Tabel 17. Kesimpulan Tingkat Kenyamanan Pencahayaan Alami Ruang Kelas

Kode kelas	Daylight Quantity	Daylight Uniformity
A-1	Memenuhi	Belum Memenuhi
A-2	Belum Memenuhi	Memenuhi
A-3	Belum Memenuhi	Belum Memenuhi
B-1	Belum Memenuhi	Memenuhi
B-2	Belum Memenuhi	Memenuhi
B-3	Memenuhi	Memenuhi
B-4	Memenuhi	Memenuhi
C-1	Belum Memenuhi	Memenuhi
C-2	Belum Memenuhi	Memenuhi
C-3	Belum Memenuhi	Memenuhi
C-4	Belum Memenuhi	Memenuhi
D-1	Memenuhi	Memenuhi
D-2	Belum Memenuhi	Memenuhi
D-3	Belum Memenuhi	Memenuhi
E-1	Memenuhi	Memenuhi
E-2	Belum Memenuhi	Memenuhi
E-3	Belum Memenuhi	Memenuhi
E-4	Memenuhi	Memenuhi
E-5	Memenuhi	Memenuhi
F-1	Belum Memenuhi	Belum Memenuhi
F-2	Belum Memenuhi	Memenuhi
F-3	Memenuhi	Memenuhi
G-1	Belum Memenuhi	Memenuhi
G-2	Belum Memenuhi	Memenuhi
G-3	Memenuhi	Memenuhi



Gambar 7. Foto Udara SMA Negeri 21

4. KESIMPULAN

Setelah menganalisis 25 ruang kelas, ternyata hanya delapan kelas yang dapat memenuhi dua indikator kenyamanan pencahayaan alami. Hanya sebanyak 32% kelas yang mempunyai pencahayaan merata dan nilainya intensitasnya di atas standar SNI. Walaupun telah memenuhi, tetapi yang perlu menjadi perhatian pula adalah nilai intensitas cahaya ruang kelas yang sangat mendekati nilai minimum, sehingga apabila kondisi langit mendung, intensitasnya akan berkurang. Oleh karena itu, beberapa catatan dan rekomendasi yang perlu diperhatikan antara lain:

- Intensitas cahaya matahari yang diukur di luar ruangan, sangat jauh di atas nilai standar langit

perancangan di Indonesia yaitu 10.000 Lux. Pada penelitian ini, cahaya matahari yang diukur diluar ruangan tanpa terhalang sekitar 50.000 – 100.000 Lux;

- Potensi cukup besar untuk memasukkan cahaya alami dengan intensitas yang lebih tinggi;
- Semakin luas bukaan maka akan semakin banyak cahaya yang masuk kedalam ruang. Untuk itu diperlukan kontrol terhadap jumlah cahaya yang masuk ke dalam ruangan;
- Diperlukan suatu metode desain pasif bagi ruang kelas untuk mengoptimalkan cahaya alami yang masuk tetapi tidak menyebabkan masalah visual lainnya seperti silau dan pencahayaan yang tidak merata.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Dana Hibah Internal Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Universitas Muhammadiyah Makassar Tahun 2021, dengan surat No. 001/KONTR-PENL/PENGABD/IV/1442/2021. Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas dukungan dana penelitian tersebut, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Roy, "Importance of green architecture today," *Kolkata, India: Department of Architecture, Jadavpur University*, 2008.
- [2] I. Irnawaty, M. R. Rahim, B. Hamzah, and N. Jamala, "Daylight intensity analysis of secondary school buildings for environmental development," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 382, no. 1. IOP Publishing, 2019, p. 012022.
- [3] T. Rettenwender and N. Spitz, "The Principles of Green Building Design," *MA, Mag. Arch, MA, Mag. Arch., LEED AP, Architect and Niklas Spitz Monterey Peninsula College INTD62, Monterey Peninsula*, 2009.
- [4] I. IDRUS, "MODEL PENCAHAYAAN ALAMI RUANG KELAS BERBASIS PERSEPSI VISUAL SISWA SEKOLAH DASAR DAN MENENGAH DI AREA TROPIS," Skripsi, Universitas Hasanuddin, 2020.
- [5] K. Axarli and K. Tsikaloudaki, "Enhancing visual comfort in classrooms through daylight utilization," in *Proceedings of Clima*, 2007.
- [6] R. Prihatmanti and M. Yohana, "Lighting Performance pada Ruang Kelas di Bangunan Bersejarah," *Aksen: Journal of Design and Creative Industry*, vol. 2, pp. 39–57, 2016.
- [7] S. A. Samani and S. A. Samani, "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, 2012.
- [8] N. Lechner, "Heating Cooling Lighting: Metode Desain untuk Arsitektur (edisi 2)," *Rajafindo Persada, Jakarta*, 2001.
- [9] S. Carlucci, F. Causone, F. De Rosa, and L. Pagliano, "A review of indices for assessing visual comfort with a view to their use in optimization processes to support building integrated design," *Renewable and sustainable energy reviews*, vol. 47, pp. 1016–1033, 2015.
- [10] A. C. Allan, V. Garcia-Hansen, G. Isoardi, and S. S. Smith, "Subjective assessments of lighting quality: A

- measurement review,” *Leukos*, 2019.
- [11] S. S. Korsavi, Z. S. Zomorodian, and M. Tahsildoost, “Visual comfort assessment of daylit and sunlit areas: A longitudinal field survey in classrooms in Kashan, Iran,” *Energy and Buildings*, vol. 128, pp. 305–318, 2016.
- [12] J. Y. Suk, M. Schiler, and K. Kensek, “Absolute glare factor and relative glare factor based metric: Predicting and quantifying levels of daylight glare in office space,” *Energy and buildings*, vol. 130, pp. 8–19, 2016.
- [13] J. A. Jakubiec, T. Srisamranrungruang, Z. Kong, G. Quek, and R. Talami, “Subjective and measured evidence for residential lighting metrics in the tropics,” *Building Simulation, Rome, Italy*, 2019.
- [14] A. Borisuit, F. Linhart, J.-L. Scartezzini, and M. Münch, “Effects of realistic office daylighting and electric lighting conditions on visual comfort, alertness and mood,” *Lighting Research & Technology*, vol. 47, no. 2, pp. 192–209, 2015.
- [15] M. Hirning, G. Isoardi, and V. Garcia-Hansen, “Prediction of discomfort glare from windows under tropical skies,” *Building and Environment*, vol. 113, pp. 107–120, 2017.
- [16] Z. S. Zomorodian and M. Tahsildoost, “Energy and carbon analysis of double skin façades in the hot and dry climate,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 197, pp. 85–96, 2018.
- [17] I. Idrus, R. Rahim, B. Hamzah, and N. Jamala, “An Alternative Approach in Assessing Visual Comfort Based on Students’ Perceptions in Daylit Classrooms in the Tropics,” 2020.
- [18] I. Idrus, B. Hamzah, and R. Mulyadi, “Intensitas pencahayaan alami ruang kelas sekolah dasar di kota makassar,” *Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan dan Industri (RAPI XV)*, vol. 7, 2016.
- [19] I. Idrus, R. Rahim, B. Hamzah, R. Mulyadi, and N. Jamala, “Evaluasi Pencahayaan Alami Ruang Kelas di Areal Pesisir Pantai Sulawesi Selatan,” *Jurnal Linears*, vol. 2, no. 2, pp. 73–78, 2019.
- [20] Soegijanto, *Bangunan di Indonesia dengan iklim tropis lembab ditinjau dari aspek fisika bangunan*. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1999.
- [21] S. N. Indonesia and B. Nasional, “Konservasi energi pada sistem pencahayaan,” *Jakarta: Badan Standarisasi Nasional*, 2011.
- [22] B. S. Nasional, “SNI 03-2396-2001 Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung,” 2001.
- [23] N. L. N. Ibrahim, A. D. Mathalamuthu, V. Ponniah, M. W. M. Shafiei, and R. Ismail, “Illuminance uniformity using Public Works Department (PWD) standard design for public schools classroom design in Malaysia,” *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, vol. 52, no. 2, pp. 205–214, 2018.



© 2021 by the authors. Licensee LINEARS, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC ND) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>).