

Upaya peningkatan kualitas pencahayaan pada ruang kelas sekolah dasar di Kecamatan Banda Sakti, Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

Atthailah¹, Rizki A. Mangkuto², Muhammad Iqbal¹, Adi Safyan¹

¹Program Studi Arsitektur, Universitas Malikussaleh

²Program Studi Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung

Email Korespondensi: atthailah@unimal.ac.id

Abstrak

Pencahayaan ruang kelas adalah salah satu faktor penting yang wajib diperhatikan pada sebuah ruang kelas terutama sekolah dasar. Pada tingkat pendidikan dasar ini, siswa masih sangat sensitif terhadap keberadaan cahaya yang baik pada ruang kelas. Kekurangan cahaya yang memadai pada ruang kelas dapat berakibat pada penurunan kinerja siswa dalam belajar sampai berdampak pada kesehatan siswa. Kegiatan ini melakukan investigasi kondisi pencahayaan yang ada pada ruang kelas sekolah di Kecamatan Banda Sakti Lhokseumawe. Adapun metode yang dilakukan adalah melakukan investigasi langsung pada ruang kelas sekolah sasaran kemudian melakukan pengukuran nilai iluminansi dengan dan tidak adanya pencahayaan buatan. Kemudian, ruang kelas yang di survei dimodelkan secara digital untuk dilakukan simulasi dan selanjutnya dilakukan analisis serta solusi yang mungkin dilakukan. Dari sekolah dasar yang menjadi sasaran pada kegiatan ini, yaitu SD Negeri 4 Banda Sakti, didapatkan solusi perbaikan pencahayaan dalam kelas dapat dilakukan dengan pergantian bohlam dengan spesifikasi 4500 lumen CCT = 6500 K dan CRI \geq 80% dan pengecatan ruang dengan cat yang memiliki reflektansi permukaan tinggi atau warna putih. Setelah solusi diimplementasikan, kemudian sebagai langkah akhir dilakukan pengukuran kembali dan didapatkan kondisi pencahayaan yang sudah memenuhi standar untuk ruang belajar pada sekolah dasar yang dituju. Diharapkan dari kegiatan ini dapat menjadi masukan perbaikan pada sekolah-sekolah dengan kasus serupa di Indonesia. Sehingga, hal ini dapat menjamin kegiatan belajar mengajar berlangsung secara lebih baik terutama pada tingkat sekolah dasar.

Abstract

Lighting is one of the important factors that must be considered in a classroom, especially in elementary schools. At this elementary education level, students are still very sensitive to the presence of good lighting in the classroom. Insufficient lighting in the classroom can lead to a decline in students' learning performance and even affect their health. This activity investigates the lighting conditions in school classrooms in the Banda Sakti District of Lhokseumawe. The method involves directly investigating the target school classrooms, followed by measuring the illuminance values with and without artificial lighting. Then, the surveyed classroom was digitally modeled for simulation, followed by analysis and potential solutions. From the elementary school targeted in this activity, namely SD Negeri 4 Banda Sakti, a solution for improving classroom lighting was found by replacing light bulbs with specifications of 4500 lumens, CCT = 6500 K, and CRI \geq 80%, and painting the room with high reflectance or white paint. After the solution was implemented, as a final step, re-measurements were conducted, and it was found that the lighting conditions met the standards for the targeted elementary school classroom. Hopefully, this activity can provide input for improvements in schools with similar cases in Indonesia.

Thus, this can ensure that the teaching and learning activities run better, especially at the elementary school level.

Keywords: elementary school, lighting, classroom, simulation, experiment

PENDAHULUAN

Keberadaan pencahayaan yang baik pada ruang kelas merupakan salah satu kunci untuk menjamin suksesnya kegiatan belajar mengajar. Kurangnya kondisi pencahayaan dalam ruang kelas dapat berpotensi menurunkan kinerja pengguna ruang kelas (Boubekri, 2008; Heschong et al., 2000; Shishegar & Boubekri, 2016; Wang & Boubekri, 2010). Selain itu, kondisi pencahayaan yang tidak merata juga dapat menyebabkan permasalahan kesehatan bagi siswa seperti bisa meningkatkan potensi terjadi miopia (Liu et al., 2023). Potensi dari kondisi ini dapat meningkat jika pengguna ruangan kelas seperti siswa sekolah dasar yang memiliki sensitivitas yang tinggi akibat pencahayaan yang tidak baik. Sehingga, pencahayaan yang baik sangat signifikan untuk diperhatikan untuk memastikan kegiatan belajar dan mengajar dapat berlangsung secara efektif dan efisien.

Dari beberapa penelitian terdahulu ditemukan beberapa sekolah dasar di Kecamatan Banda Sakti, Lhokseumawe bermasalah terhadap keberadaan pencahayaan alami siang hari di dalam ruang kelas (Atthailah & Bintoro, 2019a, 2019b). Misalnya, pada SD Negeri 1 Banda Sakti, Lhokseumawe (SDN 1) ditemukan beberapa ruang kelas terhalang oleh bangunan di samping kelas (Atthailah & Bintoro, 2019a). Di beberapa SD Negeri lainnya juga ditemukan permasalahan kekurangan pencahayaan dalam ruang kelas akibat penataan ruang kelas pada lahan yang tidak tepat (Atthailah, Mangkuto, & Koerniawan, 2022; Atthailah, Mangkuto, Koerniawan, et al., 2022) salah satunya seperti ditemukan pada SD Negeri 4 Banda Sakti, Lhokseumawe (SDN 4). Kondisi seperti pada SDN 4 ini terjadi akibat kegiatan pengembangan sekolah namun kondisi lahan yang sangat terbatas. Lebih jauh, beberapa studi juga telah dilakukan di tempat lainnya yang menyatakan kondisi kekurangan pencahayaan pada ruang kelas (Idrus et al., 2019, 2016; Wibowo et al., 2017). Tentunya, hal ini membutuhkan upaya optimasi dengan pencahayaan buatan sehingga kebutuhan pencahayaan dalam ruang kelas dapat terpenuhi.

Kegiatan ini berawal dari latar belakang yang kuat dari beberapa penelitian terdahulu yang pernah dilakukan dan dipublikasikan (Atthailah, Mangkuto, & Koerniawan, 2022; Atthailah, Mangkuto, Koerniawan, et al., 2022; Atthailah & Bintoro, 2019a, 2019b). Kegiatan ini adalah tindak lanjut dari kegiatan penelitian untuk melihat langsung sekaligus memberikan solusi praktis pada kasus ruang kelas sekolah dasar. Pada kegiatan ini difokuskan pada penyelesaian masalah pencahayaan yang dapat secara praktis dilaksanakan sesegera mungkin sehingga pihak sekolah dapat secara langsung menerima manfaatnya. Kegiatan ini juga menemukan permasalahan dan proyeksi solusi yang lebih terintegrasi ke depannya. Selanjutnya, kegiatan ini dilakukan dalam upaya untuk optimasi pencahayaan dalam ruang kelas dengan studi kasus pada SDN 4 Banda Sakti Lhokseumawe. Diharapkan dengan adanya kegiatan ini kondisi pencahayaan pada ruang kelas dapat tercapai sesuai dengan kebutuhan pada ruang kelas.

METODE

Kegiatan pengabdian ini dilakukan di kawasan Kecamatan Banda Sakti, Lhokseumawe, Aceh Indonesia. Kegiatan ini terdiri dari beberapa tahapan, pertama, koordinasi dengan berbagai pihak dalam hal ini Laboratorium Pencahayaan ITB, Laboratorium Sains Arsitektur UNIMAL dan SDN 4. Kedua, survei awal untuk mendapatkan data fisik dan kondisi yang ada dan sasaran ruang kelas yang

bermasalah pada SDN 4. Ketiga, dari hasil survei kemudian dilakukan pemodelan digital dan simulasi untuk dilakukan analisis dan solusi terhadap permasalahan. Keempat, implementasi solusi dan terakhir adalah melakukan evaluasi pasca implementasi solusi berdasarkan hasil simulasi. SDN 4 terletak di Jalan Sultanah Nahrasyah (Jalan Samudera Lama), Lhokseumawe, Aceh. Peta lokasi SDN 4 ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi SDN 4 Banda Sakti Lhokseumawe

Koordinasi kegiatan

Kegiatan ini dimulai dengan penilaian terhadap sekolah yang terdapat di kawasan Kecamatan Banda Sakti, Lhokseumawe, Aceh dengan melakukan kunjungan ke beberapa sekolah dasar. Dari kunjungan dan temuan hasil penelitian sebelumnya ditentukan penerima manfaat kegiatan pengabdian ini adalah SDN 4. Rencana kegiatan didiskusikan dengan kepala sekolah dan kesediaan sekolah untuk memfasilitasi ruang kelas untuk dilakukan evaluasi pencahayaan secara langsung. Rapat koordinasi dengan pihak sekolah kemudian dilakukan untuk membahas rencana pelaksanaan kegiatan. Gambar 2a menunjukkan koordinasi dengan pihak SDN 4 (18 Januari 2024).



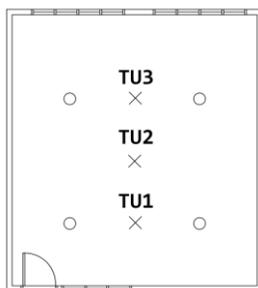
Gambar 2. Koordinasi dengan (a) pihak SDN 4 pada 18 Januari 2024, dan (b) Laboratorium Pencahayaan ITB dan Laboratorium Sains Arsitektur UNIMAL secara daring

Selain koordinasi dengan pihak sekolah juga dilakukan dengan pihak Laboratorium Pencahayaan ITB sebagai sponsor utama dan sekaligus terlibat sebagai pelaksana pada kegiatan ini. Beberapa pertemuan daring dilakukan untuk memastikan program pengabdian bisa berjalan (Gambar 2b).

Survei awal dan eksperimen

Setelah kegiatan koordinasi selesai dilakukan kemudian survei awal terhadap dilakukan untuk melakukan pengukuran pencahayaan pada kondisi seperti adanya di lapangan. Dari hasil koordinasi, diputuskan pihak dari Laboratorium Sains Arsitektur, Universitas Malikussaleh bertanggung jawab untuk mengambil data awal. Kegiatan survei awal dilakukan pada 28 Mei 2024.

Pengukuran nilai iluminansi diukur pada tiga titik yang terletak di tengah ruang kelas dengan elevasi 80 cm di atas permukaan lantai. Adapun tiga titik ukur dalam ruang pada masing-masing sekolah ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi lokasi titik ukur nilai iluminansi pada ruang kelas di kedua sekolah dasar

Di ruang kelas SDN 4 ditemukan 4 titik lampu pada masing-masing kelas. Pada Gambar 3 ditunjukkan dengan simbol lingkaran. Pada seluruh ruang kelas ditemukan konfigurasi lampu yang sama. Untuk dapat melakukan eksperimen seperti di atas maka diperlukan beberapa peralatan seperti kamera, meteran pita dan laser meter, *illuminance meter*, Kamera dengan lensa *fish eye* dan *luminance meter*. Kamera digunakan untuk kebutuhan dokumentasi kondisi di lapangan dan meteran serta laser meter digunakan untuk pengukuran dimensi ruangan kelas yang akan dievaluasi pada kegiatan ini. Selanjutnya, *illuminance* meter digunakan untuk mengukur nilai iluminansi dalam ruang kelas baik sebelum dan setelah perbaikan pada kegiatan pengabdian ini. Sementara, kamera dengan lensa *fish eye* dan *luminance* meter digunakan untuk mengevaluasi kondisi kenyamanan visual setelah solusi perbaikan dilakukan.

Pemodelan dan simulasi

Adapun pemodelan digital dilakukan dengan peranti Dialux Evo. Ukuran objek digital dibuat sesuai dengan hasil survei yang telah dilakukan pada tahapan sebelumnya. Setelah pemodelan selesai dilakukan, kemudian dilanjutkan dengan simulasi yang mengacu pada kondisi hasil survei mengenai ruang kelas dan jenis lampu yang digunakan pada ruang kelas yang menjadi objek studi kasus pada kegiatan ini.

Simulasi merupakan langkah krusial yang perlu dilakukan pada kegiatan ini untuk dapat menjadi panduan dalam pengambilan keputusan solusi praktis yang tepat untuk memperbaiki kondisi pencahayaan dalam ruang kelas. Jenis lampu, reflektansi permukaan dan transmitansi kaca merupakan hal yang penting dalam pemodelan untuk diperhatikan dan disesuaikan dengan kondisi yang ada di lapangan. Adapun pengaturan untuk simulasi pada kegiatan ini ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Pengaturan simulasi

Reflektansi Permukaan [%]			Faktor Pemeliharaan [-]	Tinggi Plafon [m]	Elevasi Bidang Kerja [m]	Jarak Dari Perimeter Dinding [m]	Sekolah
Plafon	Dinding	Lantai					
70	50	20	0.8	3.1	0.8	0.5	SDN 4

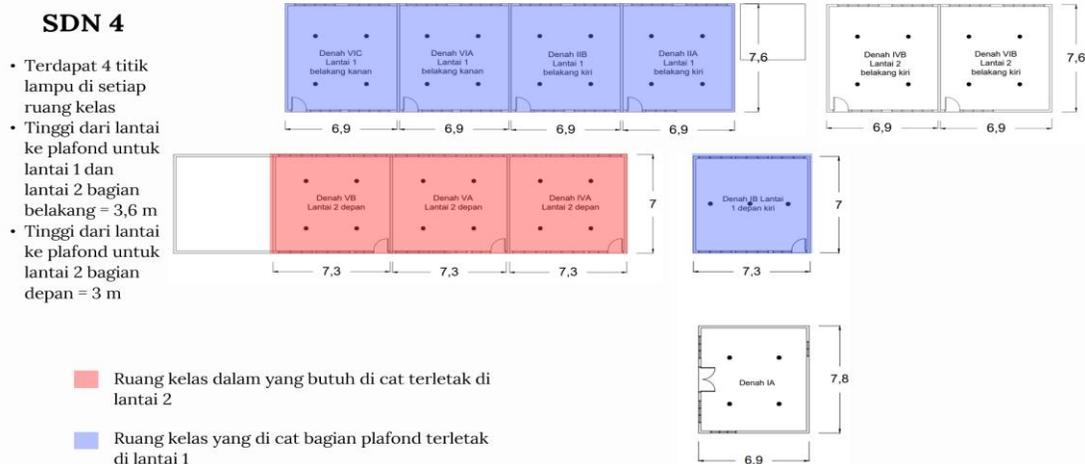
Dengan aplikasi Dialux Evo, jenis lampu dapat disimulasikan berdasarkan data masukan yang disediakan oleh produsen produk. Sehingga hal ini dapat menjamin kesesuaian jenis lampu yang dipilih ketika diimplementasikan di lapangan. Adapun kriteria yang ingin dicapai pada kegiatan ini adalah nilai rata-rata iluminansi ≥ 250 lux pada bidang kerja (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2020).

Evaluasi pasca implementasi

Penyerahan bantuan lampu dan cat diberikan ke pihak sekolah pada 20 Agustus 2024. Kemudian, kegiatan dilanjutkan dengan pengukuran kondisi pasca implementasi yaitu pada 3~5 September 2024. Adapun kegiatan diantaranya adalah pengukuran kondisi pasca perbaikan dengan lux meter dan kamera dengan lensa *fish eye* untuk kondisi yang telah diperbaiki. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui tidak hanya kondisi ketersediaan pencahayaan alami siang hari dalam ruang kelas, namun, juga untuk mengetahui kondisi kenyamanan visual akibat pemasangan bola lampu dan pengecatan ruangan. Pengukuran dengan iluminansi dalam ruangan dilakukan pada bidang kerja. Sementara itu, untuk kenyamanan visual diukur pada elevasi 1,2 meter dari sudut pandang guru dan siswa. Adapun kenyamanan visual diukur dengan metrik *daylight glare probability* (DGP) yang diusulkan oleh peneliti terdahulu (Wienold & Christoffersen, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Survei dan Eksperimen



Gambar 4. Denah berdasarkan hasil survei dan ruang-ruang yang memerlukan perbaikan dari pihak sekolah SDN 4



Gambar 5. Foto ruangan kelas di SDN 4 yang membutuhkan perbaikan berdasarkan hasil survei

Data hasil survei untuk keperluan peningkatan pencahayaan pada ruang kelas SDN 4 ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6. Dari hasil survei selain data yang dibutuhkan untuk pemodelan digital dan keperluan perhitungan kebutuhan pencahayaan pada ruang kelas diperoleh juga rekomendasi ruang yang membutuhkan perbaikan berdasarkan masukan dari masing-masing sekolah (Gambar 4 dan 5).

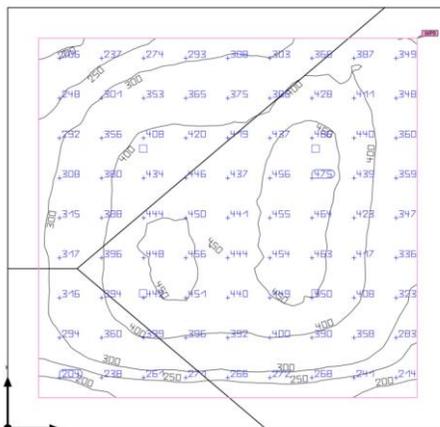
Hasil pengukuran iluminansi menunjukkan kondisi yang tidak memuaskan pada ruang kelas yang ditargetkan untuk diperbaiki. Dengan rata-rata iluminansi kurang dari 250 lux pada bidang kerja pada

saat lampu dinyalakan dan tidak dinyalakan. Hasil pengukuran menunjukkan nilai seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran nilai iluminansi di lapangan dengan kondisi sebelum ditingkatkan

Ruang	SDN 4 Kondisi Lampu Dimatikan				SDN 4 Kondisi Lampu Dihidupkan			
	TU1 [Lux]	TU2 [Lux]	TU3 [Lux]	Rata-rata Iluminansi [Lux]	TU1 [Lux]	TU2 [Lux]	TU3 [Lux]	Rata-rata Iluminansi [Lux]
Ruang VIA	52	24	16	30,67	87	75	44	68,67
Ruang VA								
Ruang VB								

Simulasi dan implementasi solusi



Gambar 6. Hasil simulasi setelah pencahayaan dalam ruang di perbaiki

Hasil simulasi menunjukkan kondisi yang hanya sedikit berbeda dengan data hasil pengukuran yaitu dengan perbedaan $\pm 10\%$, sehingga hal ini dapat dipastikan model yang dibuat sudah valid. Dari hasil simulasi juga ditemukan nilai iluminansi yang memiliki uniformitas rendah pada ruang kelas. Sehingga dari hasil ini perlu diupayakan perbaikan. Dengan peranti Dialux Evo dimungkinkan untuk melakukan simulasi pencahayaan buatan sesuai dengan spesifikasi lampu yang diproduksi oleh produsen tertentu. Dari hasil simulasi diperoleh lampu dengan spesifikasi 4500 lumen, CCT=6500 CRI $\geq 80\%$ yang dapat meningkatkan nilai iluminansi dengan nilai rata-rata 367 lux pada ruang kelas yang menjadi target. Hasil simulasi dengan pergantian lampu ditunjukkan pada Gambar 6.

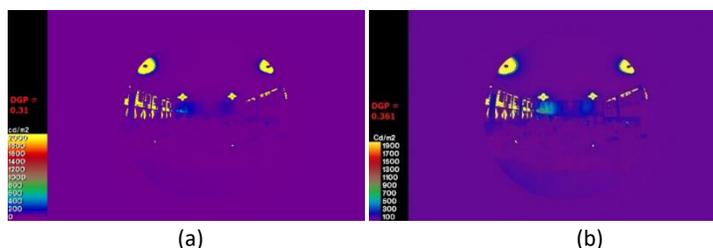


Gambar 7. Kondisi ruang kelas setelah perbaikan pencahayaan dan pengecatan ruangan

Adapun kondisi ruang kelas setelah perbaikan dengan pergantian bohlam dan pengecatan ruang dapat ditunjukkan pada Gambar 7. Kondisi ruang kelas tampak lebih baik terutama ketika semua lampu dinyalakan akibat adanya ketersediaan pencahayaan yang hampir merata pada ruang kelas.

Evaluasi pasca implementasi solusi

Setelah perbaikan dilakukan, kemudian dilakukan evaluasi pasca perbaikan dengan menggunakan peralatan yang telah dijelaskan sebelumnya. Ditemukan nilai iluminansi di atas 250 lux di tiga titik ukur seperti telah di jelaskan sebelumnya. Kemudian, dari kenyamanan visual didapatkan uniformitas yang baik dalam ruangan hal ini mengindikasikan tidak terjadinya silau pada mayoritas ruang kelas yang telah di perbaiki kondisi pencahayaannya. Namun, dari sumber cahaya, yaitu bohlam menjadi sumber silau dalam ruangan namun ditemukan tidak mayor. Sumber tersebut ditemukan pada keempat titik lampu. Pada jendela juga yang tidak terhalang juga ditemukan sebagai sumber yang berpotensi terjadinya kondisi silau dalam ruangan seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Hasil evaluasi kenyamanan visual dengan metrik DGP ditemukan nilai kurang dari 0,40. Gambar 8 telah dilakukan kalibrasi dengan hasil pengukuran menggunakan *luminance* meter.



Gambar 8. Hasil evaluasi kenyamanan visual pada SDN 4 pada (a) pagi dan (b) siang hari

Walaupun kondisi tersebut tidak menjadi masalah utama, namun, ke depannya hal ini perlu diperhatikan secara lebih bijak dalam pemilihan lampu dan perlakuan pada bukaan atau jendela sehingga kedua hal tersebut tidak menjadi sumber silau yang berpotensi mengganggu efektivitas proses belajar-mengajar di dalam kelas.

PENUTUP

Upaya peningkatan kualitas pencahayaan di ruang kelas Sekolah Dasar Negeri 4 Kecamatan Banda Sakti, Lhokseumawe, Aceh, Indonesia, telah dilaksanakan sebagai bagian dari respons terhadap kebutuhan penerangan yang memadai dalam ruang belajar siswa. Berdasarkan kegiatan pengabdian masyarakat ini, disimpulkan bahwa pencahayaan buatan di ruang kelas yang menjadi objek studi belum memenuhi standar yang diprasyaratkan untuk ruang belajar. Setelah dilakukan perbaikan, solusi yang diidentifikasi adalah penggantian bola lampu dengan spesifikasi 4500 lumen, CCT = 6500 K, dan CRI \geq 80%, serta pengecatan ruang dengan cat refleksi tinggi atau warna putih. Pengukuran ulang pasca implementasi menunjukkan bahwa kondisi pencahayaan sudah memenuhi standar yang dibutuhkan untuk ruang belajar di sekolah dasar tersebut. Kenyamanan visual juga tercapai dengan nilai DGP $<$ 0,4. Namun, ditemukan potensi silau dari sumber cahaya yang dipilih dan jendela, yang memberikan masukan untuk perbaikan lebih lanjut, seperti penggunaan rumah lampu atau memilih jenis lampu dengan bohlam yang tidak terlihat secara langsung dan desain fasad terkait perlakuan pada jendela.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan apresiasi kepada asisten pengabdian yaitu Muhammad Dastur, S.T., M.Sc. para mahasiswa dari Program Studi Arsitektur, Universitas Malikussaleh (UNIMAL) yaitu Lena Indriani, Putri Sri Alisia Nabila, Ismi Wahyuni dan Aura Mutiara Sina serta para mahasiswa dari Program Studi Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung (ITB) yaitu Ikhwan Muttaqien

Hermawan, Nur Alya Farrasti dan Edward Christopher Chow yang telah terlibat langsung dalam kegiatan pengabdian ini. Kegiatan ini disponsori oleh Institut Teknologi Bandung (ITB) dan Universitas Malikussaleh (UNIMAL). Selanjutnya, penulis memberikan apresiasi kepada pihak sekolah dalam hal ini Sekolah Dasar Negeri 4 Banda Sakti, Lhokseumawe yang telah bersedia menjadi bagian dari kegiatan pengabdian ini. Terima kasih kami ucapkan kepada kepala sekolah yaitu Ibu Erniati, S.Pd., M.Pd. yang telah bersedia menerima serangkaian kegiatan yang telah dilakukan oleh tim pengabdian ini.

REFERENSI

- Atthailah, A., & Bintoro, A. (2019a). Useful Daylight Illuminance (UDI) pada Sekolah Dasar Negeri 1 (Satu) Banda Sakti Lhokseumawe, Aceh. *Temu Ilmiah Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI)* 7. <https://doi.org/10.32315/ti.8.c099>
- Atthailah, A., & Bintoro, A. (2019b). Useful daylight illuminance (UDI) pada ruang belajar sekolah dasar di kawasan urban padat tropis (studi kasus: SD Negeri 2 dan 6 Banda Sakti, Lhokseumawe, Aceh, Indonesia). *Langkau Betang: Jurnal Arsitektur*, 6(2), 72. <https://doi.org/10.26418/lantang.v6i2.33940>
- Atthailah, Mangkuto, R. A., & Koerniawan, M. D. (2022). Investigation of Direct Sunlight in Existing Classroom Design in Indonesia: Case Study of Lhokseumawe. In M. Awang, L. Ling, & S. S. Emamian (Eds.), *Advances in Civil Engineering Materials* (pp. 135–144). Springer Singapore.
- Atthailah, Mangkuto, R. A., Koerniawan, M. D., & Soelami, F. X. N. (2022). Daylight Annual Illuminance Investigation in Elementary School Classrooms for the Tropic of Lhokseumawe, Indonesia. *Journal of Applied Science and Engineering*, 25(1), 129–139. [https://doi.org/10.6180/jase.202202_25\(1\).0013](https://doi.org/10.6180/jase.202202_25(1).0013)
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2020). SNI 03-6197: Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan. Badan Standardisasi Nasional.
- Boubekri, M. (2008). *Daylighting, Architecture and Health: Building design strategies*. Elsevier.
- Heschong, L., Wright, R., & Okura, S. (2000). Daylighting and Productivity: Elementary School Studies,” in *Efficiency and Sustainability*.
- Idrus, I., Hamzah, B., & Mulyadi, R. (2016). Intensitas pencahayaan alami ruang kelas sekolah dasar di kota makassar. *Simposium Nasional RAPI XV-2016 FT UMS*, 473–479. [https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/8076/K22_Irnawaty Idrus.pdf?sequence=1](https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/8076/K22_Irnawaty%20Idrus.pdf?sequence=1)
- Idrus, I., Rahim, R., Hamzah, B., Mulyadi, R., & Jamala, N. (2019). Evaluasi Pencahayaan Alami Ruang Kelas di Areal Pesisir Pantai Sulawesi Selatan. *Linears*, 2(2).
- Liu, Y., Chen, K., Ni, E., & Deng, Q. (2023). Optimizing classroom modularity and combinations to enhance daylighting performance and outdoor platform through ANN acceleration in the post-epidemic era. *Heliyon*, 9(11), e21598. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E21598>
- Shishegar, N., & Boubekri, M. (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,”* 151–156.
- Wang, N., & Boubekri, M. (2010). Design recommendations based on cognitive, mood and preference assessments in a sunlit workspace. *Lighting Research & Technology*, 43(1), 55–72. <https://doi.org/10.1177/1477153510370807>
- Wibowo, R., Kindangen, J. I., & Sangkertadi. (2017). Sistem pencahayaan alami dan buatan di ruang kelas sekolah dasar di kawasan perkotaan. *Jurnal Arsitektur Daseng*, 6(1), 87–98. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/daseng/article/view/16770/pdf>
- Wienold, J., & Christoffersen, J. (2006). Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. *Energy and Buildings*, 38(7), 743–757. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.03.017>