

KENYAMANAN PENCAHAYAAN DAN PENGHAWAAN ALAMI PADA DESAIN RUANG KELAS SDN KWARASAN 01 SUKOHARJO

Bikey Mahaputra

Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik
 Universitas Muhammadiyah Surakarta
 d300190058@student.ums.ac.id

Yayi Arsandrie

Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik
 Universitas Muhammadiyah Surakarta
 yayi.arsandrie@ums.ac.id

ABSTRAK

Pencahayaan dan penghawaan alami yang nyaman menjadi salah satu faktor penunjang untuk memaksimalkan kegiatan belajar mengajar. Fasilitas dan ruang yang dibutuhkan di SDN Kwarasan 1 ini cukup lengkap dan memiliki 6 ruang kelas untuk proses belajar mengajar. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui factor kenyamanan pencahayaan dan penghawaan alami di SDN Kwarasan 1 Grogol. Metode yang dipakai yaitu dengan simulasi menggunakan software dialux dan surfer 11. Hasil dari penelitian dibuktikan dengan hasil simulasi dan rekomendasi penambahan bukaan untuk mengoptimalkan pencahayaan dan penghawaan alami pada ruang kelas. Hasil pemetaan pencahayaan alami pada ruang kelas di SDN Kwarasan 1 Grogol ini masih di bawah standar yang ada yaitu 200-300 lux, factor yang mempengaruhi hal tersebut adalah tidak adanya bukaan jendela pada ruang kelas. Sedangkan pemetaan kondisi suhu pada ruang kelas sudah memenuhi standar dikarenakan terdapat ventilasi yang cukup untuk udara masuk.

KEYWORDS:

Pencahayaan Alami; Penghawaan Alami; Ruang Kelas; SDN Kwarasan 1 Grogol Sukoharjo

PENDAHULUAN

Sekolah tidak bisa hanya berfungsi sebagai tempat pertemuan peserta didik, mereka juga perlu memberi siswa sumber daya yang mereka butuhkan untuk belajar dan tumbuh. Infrastruktur dan fasilitas yang mendukung, terutama lingkungan kelas yang menyenangkan, dapat meningkatkan pengalaman pendidikan.

Ruang kelas adalah tempat di mana siswa dapat memperoleh konsep teoretis dan keterampilan praktis tanpa alat khusus. Semua ruang kelas sekolah dasar harus memiliki luas lantai minimal 400 meter persegi, atau 3,8 meter persegi per siswa. Ruang kelas tanpa jendela tidak memungkinkan cahaya alami atau pemandangan, menghalangi siswa untuk membaca atau belajar (Peraturan Menteri Pendidikan Dan Kebudayaan Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Standar Sarana Dan Prasarana Untuk Sekolah Dasar/Madrasah Ibtidaiyah (SD/MI), Sekolah Menengah Pertama/Madrasah Tsanawiyah (SMP/MTS), Dan Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah

(SMA/MA), 2007). Mata, suasana, dan kesehatan psikologis siswa semuanya dapat terpengaruh secara negatif akibat pencahayaan yang buruk. Siswa akan mengalami kelelahan mata saat belajar. Siswa mungkin menjadi lelah dan tidak tertarik dalam studi mereka karena pencahayaan yang tidak memadai.

Pemanfaatan pencahayaan alami sebagai penerangan ruangan, dikatakan baik pada pukul 08.00-16.00 WIB. Cahaya yang masuk ke dalam ruangan harus merata dan tidak ada bagian dari ruangan yang terdapat silau atau perbedaan intensitas cahaya yang signifikan.

Tabel 1. Pencahayaan Rekomendasi SNI

Lembaga Pendidikan	Lux
Ruang Kelas	250
Perpustakaan	300
Laboratorium	500

(sumber: SNI 03- 6572-2001 Tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Ventilasi Dan Pengkondisian Udara Pada Bangunan Gedung, 2001)

Merancang pencahayaan ruang kelas menjadi infrastruktur sekolah harus menjadi prioritas utama. Ruang kelas harus memenuhi tingkat pencahayaan 200-300 lux, sebagaimana dijelaskan pada Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1429/MENKES/SK/XII/2006, yang menjelaskan standar pencahayaan ruang kelas adalah 200 hingga 300 lux. Tingkat cahaya 350-700 lux dianjurkan untuk membaca dan menulis (Grandjean, 1988). Sementara tingkat pencahayaan ruang kelas 250 lux disarankan oleh (SNI 03-6575-2001 Tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung, 2017).

Terlalu banyak panas atau dingin di dalam gedung bisa jadi tidak menyenangkan. Seperti yang telah ditunjukkan oleh banyak spesialis, kinerja penghuni dapat dipengaruhi secara negatif oleh keadaan interior yang tidak memuaskan, seperti lingkungan kerja yang tidak nyaman yang mengurangi produktivitas. Kesehatan dan kebahagiaan orang-orang di dalamnya berkorelasi langsung dengan standar hidup lingkungan dalam ruangan. Ketika setidaknya 80% dari mereka yang berada di ruang tertentu melaporkan kondisi yang nyaman, dapat dikatakan bahwa kondisi di ruang tersebut optimal. Kenyamanan termal adalah perasaan senang yang subjektif yang diperoleh orang dari lingkungannya karena suhu yang ada di sana. Untuk mencapai kenyamanan termal, suhu lingkungan dan tubuh harus tepat (Karyono, 2001).

TINJAUAN PUSTAKA

Sumber penerangan alami dari langit, seperti matahari, bulan, dan bintang, adalah sumber utama penerangan kita di siang hari. Cahaya adalah fenomena alam, sehingga bervariasi menurut musim dan cuaca; karena itu bersifat sementara. Karena sinar matahari adalah sumber cahaya alami yang paling melimpah dan kuat, sangat ideal untuk digunakan di dalam rumah (Dora & Nilasari, 2013).

Lechner (dalam Dewantoro et al., 2019) mencatat bahwa arsitek seringkali menggunakan bukaan atas dan samping untuk

mengakomodasi tuntutan pencahayaan alami di ruang tertentu. Bukaan atas ideal untuk menghadirkan cahaya alami, sedangkan bukaan samping menghadap eksterior atau interior struktur, bergantung pada orientasi ruang.

Steffy (dalam Manurung, 2009) mengidentifikasi empat faktor desain pencahayaan yang berdampak pada emosi dan mental manusia, yaitu:

1. faktor pengamat,
2. faktor lokasi cahaya,
3. faktor distribusi cahaya, dan
4. faktor intensitas cahaya

Menurut (SNI 03-2396-2001 Tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami Pada Bangunan Gedung, 2001), teknik perancangan sistem pencahayaan siang hari ditentukan oleh faktor pencahayaan alami, yaitu perbandingan tingkat cahaya pada suatu lokasi tertentu pada luas ruangan tertentu terhadap tingkat cahaya lapangan di suatu wilayah terbuka. Ada tiga komponen yang membentuk faktor matahari:

1. Pencahayaan langsung dari langit disebut sebagai "komponen langit" (*sky factor-fl*).
2. Bagian dari iluminasi keseluruhan bangunan yang berasal dari sumber di luar struktur dikenal sebagai faktor refleksi eksternal (*f_{rl}*).
3. Komponen pantulan internal (faktor pantulan dalam *f_{rd}*), khususnya, jumlah cahaya yang masuk ke dalam ruangan sebagai akibat dari *skylight*, jendela, dan permukaan interior yang dipantulkan.

Perasaan nyaman dan puas seseorang dapat disimpulkan dalam penilaiannya terhadap lingkungan terdekatnya. Oleh karena itu, tidak mungkin untuk mengukur kenyamanan. Pendapat tentang dunia di sekitar berdasarkan informasi yang diberikan oleh enam indera kita, yang berjalan di sepanjang saraf ke otak untuk diproses. Di sini, tidak hanya masalah fisiologis dan biokimia, tetapi juga masalah emosional. Otak mampu merekam dan menganalisis beberapa masukan sensorik sekaligus, termasuk informasi

pendengaran, penciuman, panas. Pikiran kemudian membentuk evaluasi subyektif tentang betapa menyenangkan keadaan saat ini.

Iklim dan kelembapan, bau dan polusi udara, radiasi alami dan buatan, bahan bangunan, bentuk dan struktur bangunan, warna dan pencahayaan, dan faktor-faktor lain berkontribusi pada tingkat kenyamanan seseorang di lingkungan tertentu, seperti preferensi dan kebiasaan budaya seseorang (Frick & Mulyani, 2006).

Faktor internal kenyamanan termal, enam faktor kenyamanan termal (4 faktor lingkungan + 2 faktor manusia) adalah (Satwiko, 2009):

- Suhu udara
- Kecepatan angin,
- Kelembaban udara
- Rata-rata suhu permukaan ruang.
- Aktivitas manusia,
- Pakaian (*clothing*)

Di sisi lain, menurut Frick, kenyamanan termal berkaitan dengan suhu, kelembapan, pergerakan udara, dan radiasi matahari (Frick, 2008).

- Suhu udara
- Kelembaban udara
- Pergerakan udara

Dampak lingkungan sekitar terhadap kenyamanan termal bangunan merupakan salah satu contoh elemen eksternal. Suhu bangunan secara signifikan dipengaruhi oleh vegetasi. Bangunan yang memiliki halaman berumput atau dinaungi pepohonan akan terasa lebih sejuk. Panas langsung dari matahari dapat ditahan di dinding dengan menggunakan tanaman rambat. Saat terkena sinar matahari, daun tidak menjadi sepanas dinding karena sebagian panas digunakan untuk evapotranspirasi dan fotosintesis. Perbedaan suhu antara permukaan dan daun dapat mencapai 30°C. Radiasi yang lebih dingin juga dilepaskan ke atmosfer oleh dinding yang ditutupi daun yang lebih dingin untuk mempertahankan pendinginan udara di sekitarnya. Selain itu, daun meningkatkan

kadar oksigen lingkungan dan membantu mengurangi emisi gas karbon dioksida (Satwiko, 2009).

Material di sekitarnya dapat berdampak pada tingkat kenyamanan termal bangunan. Bangunan tidak boleh dikelilingi oleh permukaan yang menyerap banyak panas. Permukaan yang lebih gelap lebih panas dari penyerapan radiasi matahari. Udara yang bersentuhan dengan permukaan panas ini menjadi panas. Udara ruangan dapat dipanaskan oleh udara panas yang masuk ke dalam ruang (Satwiko, 2009).

Ventilasi adalah komponen penting dari kenyamanan termal bangunan untuk proses pertukaran udara alami tanpa menggunakan mesin mekanis seperti AC. Tanpa perlu usaha tambahan, penghawaan alami memberikan lingkungan yang sehat dan nyaman (Satwiko, 2009). Penghawaan alami sebaiknya dicoba jika kualitas udara baik, yaitu bebas debu, bau, dan polutan, tidak terlalu panas (suhu di bawah 28°C), dan lingkungan tidak terlalu bising (Frick & Mulyani, 2005).

Ventilasi alami memberikan sejumlah keuntungan, termasuk kemampuan untuk mengurangi penggunaan energi, menciptakan suasana alami dengan menjembatani iklim di dalam dan di luar ruangan, memerlukan sedikit ruang mesin, dan memiliki biaya produksi dan perawatan yang minimal. Ventilasi alami juga memiliki kelemahan, termasuk ketidakmampuan untuk mengontrol faktor eksternal seperti kebisingan dan kelembaban serta ketidakmampuan untuk mengontrol suhu, kecepatan angin, dan kualitas udara.

Sebaiknya ubah sistem ventilasi agar penghuni gedung tidak mengalami suhu yang ekstrim. Ukuran ruangan dan iklim setempat harus diperhitungkan saat merancang ventilasi dan jendela. Persyaratan berikut harus dipenuhi untuk ventilasi interior yang baik (Kristanto, 2010):

- Luas permukaan lubang ventilasi minimal 5% dari luas lantai ruangan. Sekurang-kurangnya 5% dari luas permukaan lubang ventilasi yang

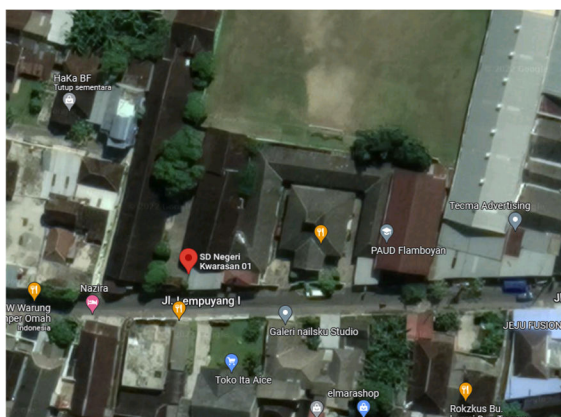
ditempatkan atau yang dapat dibuka dan ditutup. Jumlah keduanya adalah 10% dikalikan dengan luas ruangan. Tata letak area ini memastikan bahwa udara yang masuk tidak terlalu kecil atau terlalu padat.

- Udara yang masuk harus murni dan bebas dari kontaminan seperti debu, bau pabrik, limbah, atau polutan lainnya.
- Dengan mengarahkan saluran keluar udara ke dinding ruangan, coba lakukan ventilasi silang pada ruangan tersebut. Hal-hal besar seharusnya tidak menghalangi aliran udara ini.

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian deskriptif kuantitatif akan diterapkan dalam penyelidikan ini. Hal ini dilakukan dengan cara pengamatan langsung terhadap objek penelitian, mengukurnya untuk mengumpulkan data perhitungan langsung. Data akan diproses menggunakan *software* Dialux dan Surfer, dan hasilnya akan dibandingkan dengan standar saat ini yang berkaitan dengan topik penelitian yang sedang berlangsung.

Lokasi penelitian berada di SDN Kwarasan 1 Grogol Sukoharjo terletak di Jalan Lempuyang No. 1, Kwarasan, Grogol, Munyung, Kwarasan, Sukoharjo, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57552.

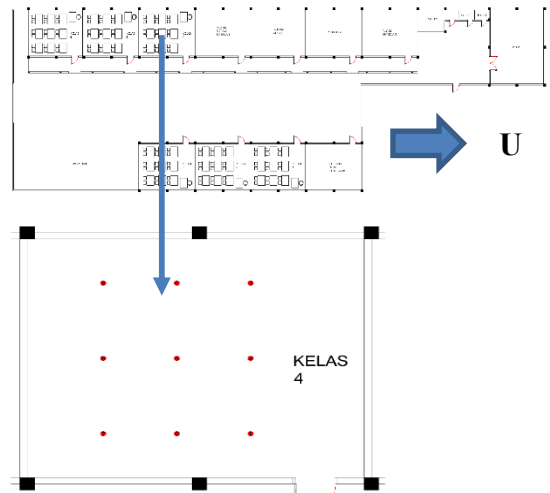


Gambar 1. Lokasi SDN Kwarasan 1 Grogol
(sumber: google.com/maps, 2022)

HASIL PENELITIAN

A. Analisis Pencahayaan Alami

Sampel ruang kelas yang digunakan adalah kelas 4, ukuran ruang kelas yaitu 6m x 7m dengan ketinggian ruang 3,5m.



Gambar 2. Titik Pengukuran Pencahayaan Alami
(sumber: Dokumentasi Pribadi, 2022)

Pengukuran dilakukan di 3 waktu yang berbeda, dilakukan di satu ruangan sebagai sampel. Dari 1 sampel kelas yang digunakan, titik pengukuran dibagi menjadi 9 titik ukur. Dari hasil pengukuran didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengukuran Ruang Kelas 4

Titik Ukur	Intensitas Cahaya (lux)				Rata- rata	SNI	Ket.	
	09.00- 10.00	12.30- 13.30	15.30- 16.30				S	TS
1	80	92	113	95	250 lux		X	
2	86	100	120	102			X	
3	84	96	114	98			X	
4	81	93	110	94,6			X	
5	84	92	111	95,6			X	
6	76	87	102	88			X	
7	72	84	98	85			X	
8	76	90	108	91,3			X	
9	74	86	104	88			x	

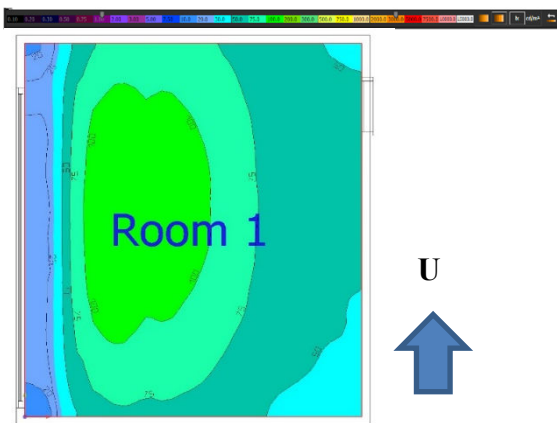
(sumber: Data Peneliti, 2022)

Keterangan:

- S: Sesuai Standar
- TS: Tidak Sesuai Standar

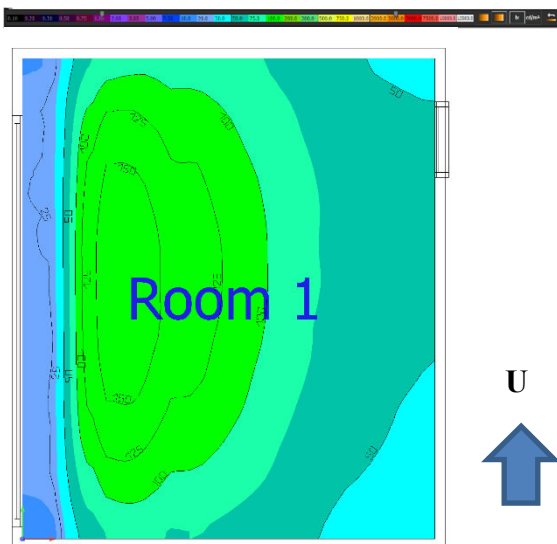
Analisis data penelitian menggunakan aplikasi Dialux untuk mengetahui pola intensitas cahaya. Hasil yang didapat dari aplikasi Dialux

yaitu *false color* dan *isolines* berdasarkan besarnya nilai lux pada ruangan pengamatan.



Gambar 3. Pemetaan Intensitas Cahaya Ruang Pada Pagi Hari (sumber: Analisis Pribadi, 2022)

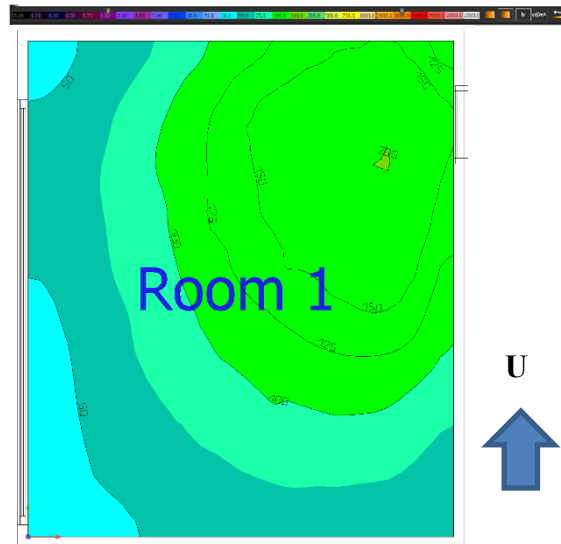
Hasil pemetaan cahaya dari aplikasi Dialux pada pagi hari tersebut menunjukkan cahaya alami yang masuk pada ruang masih sangat kurang. Intensitas cahaya tertinggi pada pagi hari hanyalah 100 lux, menurut standar (SNI 03-6575-2001 Tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung, 2017) merekomendasikan intensitas pencahayaan sebesar 250 lux untuk ruang kelas.



Gambar 4. Pemetaan Intensitas Cahaya Ruang Pada Siang Hari (sumber: Analisis Pribadi, 2022)

Hasil pemetaan cahaya dari aplikasi Dialux pada siang hari tersebut menunjukkan cahaya alami yang masuk pada ruang masih sangat kurang. Intensitas cahaya tertinggi pada pagi

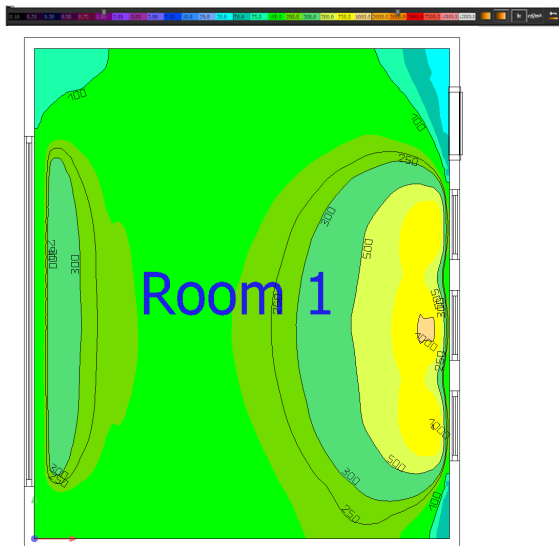
hari hanyalah 150 lux. standar (SNI 03-6575-2001 Tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung, 2017) merekomendasikan intensitas pencahayaan sebesar 250 lux untuk ruang kelas.



Gambar 5. Pemetaan Intensitas Cahaya Ruang Pada Sore Hari (sumber: Analisis Pribadi, 2022)

Hasil pemetaan cahaya dari aplikasi Dialux pada sore hari tersebut menunjukkan cahaya alami yang masuk pada ruang masih sangat kurang. Intensitas cahaya tertinggi pada pagi hari hanyalah 200 lux, menurut standar (SNI 03-6575-2001 Tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung, 2017) merekomendasikan intensitas pencahayaan sebesar 250 lux untuk ruang kelas.

Pencahayaan alami SDN 1 Kwarasan Grogol tidak memenuhi persyaratan standar (SNI 03-6575-2001 Tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung, 2017), yang menetapkan persyaratan minimum 250 lux per ruang kelas, sebagaimana ditentukan oleh data pemetaan cahaya dari tiga pengukuran terpisah. Hanya memiliki cahaya alami tidaklah ideal. Saran yang akan ditawarkan berupa rekayasa bukaan, meliputi 2 langkah, pertama bukaan jendela diperbesar, kedua sesuaikan lebar bukaan.

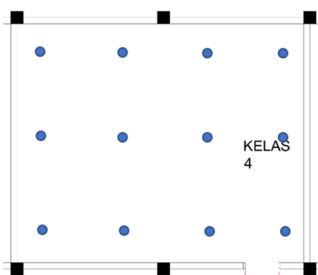


Gambar 6. Pemetaan Intensitas Cahaya Setelah Dimodifikasi (sumber: Analisis Pribadi, 2022)

Dari rekomendasi di atas, pada ruang kelas ditambahkan 3 bukaan jendela dengan ukuran tinggi 1,3 meter, lebar 1 meter, dan *sill height* 0.9 meter. Hasil yang didapatkan area dengan intensitas diatas 250 lux adalah 44% dari luas lantai, dimana menurut GBCI penggunaan cahaya alami secara optimal minimum 30% dari luas lantai yang digunakan untuk bekerja minimal 300 lux.

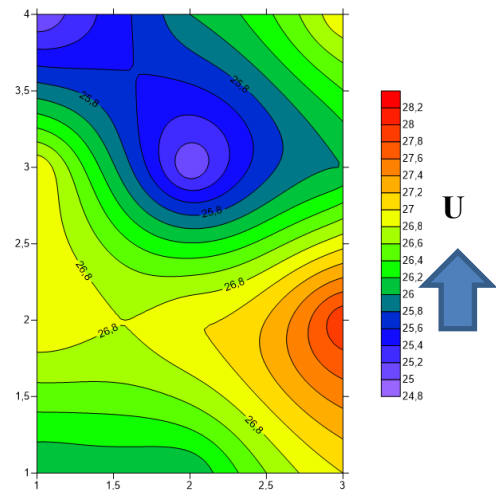
B. Analisis Penghawaan Alami

Pada ruang kelas 4 SDN Kwarasan 1 Grogol dengan ukuran 6m x 7m dengan ketinggian 3,5m, ditentukanlah titik pengukuran untuk pencarian data suhu yang terdapat di ruang kelas tersebut. Pengukuran dilakukan di 3 waktu yang berbeda, yaitu pagi hari, siang, dan sore hari.



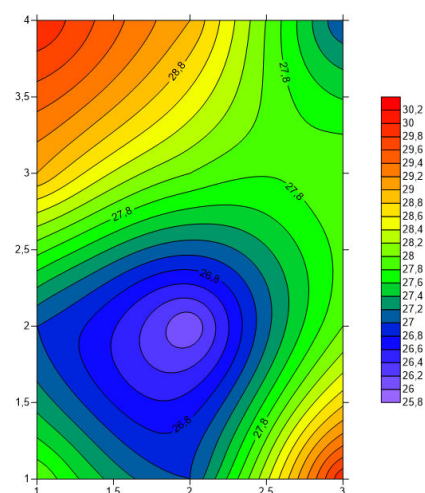
Gambar 7. Titik Koordinat Pengukuran Suhu Ruang Kelas (sumber: Analisis Pribadi, 2022)

Pengambilan data dilakukan dalam 1 hari penuh. Setelah didapatkan data yang diperlukan, dilakukan analisis menggunakan aplikasi Surfer 11 untuk mengetahui pemetaan suhu ruang di SDN Kwarasan 1 Grogol.



Gambar 8. Pemetaan Suhu Ruang Kelas Pada Pagi Hari (sumber: Analisis Pribadi, 2022)

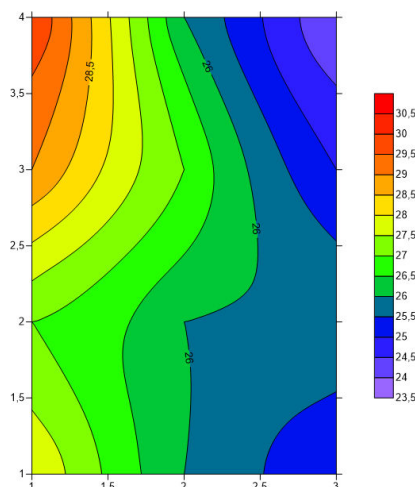
Berdasarkan hasil pemetaan suhu pada ruang kelas pada pagi hari suhu tertinggi terletak pada titik (3,2) sebesar 28,2°C, dan suhu terendah terletak pada titik (1,4) sebesar 24,8°C. Rata-rata pada pagi hari yaitu 26,4°C yang tergolong hangat nyaman menurut SNI (1993).



Gambar 9. Pemetaan Suhu Ruang Kelas Pada Siang Hari (sumber: Analisis Pribadi, 2022)

Berdasarkan hasil pemetaan suhu pada ruang kelas pada siang hari suhu tertinggi terletak pada titik (3,4) sebesar 30,2°C, dan suhu terendah terletak pada titik (2,2) sebesar 25,8°C.

25,8°C. Rata – rata pada pagi hari yaitu 28°C yang tergolong hangat nyaman menurut SNI (1993).



Gambar 10. Pemetaan Suhu Ruang Kelas Pada Sore Hari
(sumber: Analisis Pribadi, 2022)

Berdasarkan hasil pemetaan suhu pada ruang kelas pada siang hari suhu tertinggi terletak pada titik (1,4) sebesar 29,5°C, dan suhu terendah terletak pada titik (3,4) sebesar 23,5°C. Rata – rata pada pagi hari yaitu 26,5°C yang tergolong hangat nyaman menurut SNI (1993).

Dari hasil pemetaan suhu di ruang kelas SDN Kwarasan 1 Grogol, dapat disimpulkan bahwa untuk penghawaan alami di ruang kelas sudah tergolong nyaman untuk kegiatan pembelajaran.

SIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan serangkaian penelitian dan beberapa analisis, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah:

1. Rata-rata nilai kuat pencahayaan alami pada ruang kelas pada pagi, siang, dan sore adalah 79 lux; 91 lux; 109 lux. Rata-rata keseluruhan adalah 93 lux.
2. Intensitas pencahayaan alami pada SDN 1 Kwarasan Grogol belum memenuhi standar yang direkomendasikan oleh SNI 03-6575-2001 yakni mencapai 250-300 lux untuk ruang belajar.

3. Rata-rata temperature suhu pada ruang kelas pada pagi; siang; sore yaitu 26,4°C; 28°C; 26,5°C.
4. Penghawaan alami pada ruang kelas di SDN Kwarasan 1 Grogol sudah tergolong nyaman bagi siswa untuk melakukan kegiatan pembelajaran.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diberikan rekomendasi kepada pihak SDN Kwarasan 1 Grogol, sebagai berikut:

Pada ruang kelas ditambahkan bukaan yang berfungsi untuk jalur masuk cahaya matahari, supaya pencahayaan di dalam ruang kelas nyaman sesuai dengan standar yang ada. Pada ruang kelas ditambahkan 3 bukaan jendela dengan ukuran tinggi 1,3 meter, lebar 1 meter, dan *sill height* 0.9 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- SNI 03-2396-2001 tentang Tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung, BSN (2001).
- SNI 03- 6572-2001 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Ventilasi Dan Pengkondisian Udara Pada Bangunan Gedung, Badan Standarisasi Nasional (2001).
- SNI 03-6575-2001 tentang Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung, Badan Standarisasi Nasional (2017).
- Dewantoro, F., Budi, W. S., & Prianto, E. (2019). KAJIAN PENCAHAYAAN ALAMI RUANG BACA PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS INDONESIA. *Jurnal Arsitektur ARCADE*, 3(1).
<https://doi.org/10.31848/arcade.v3i1.162>
- Dora, P. E., & Nilasari, P. F. (2013). Pemanfaatan Pencahayaan Alami Pada Rumah Tinggal Tipe Townhouse Di Surabaya. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9).

Frick, H. (2008). *Ilmu Fisika Bangunan*.
Kanisius.

Frick, H., & Mulyani, T. H. (2005). *Arsitektur Ekologis-Seri Eko Arsitektur 2*. Kanisius.

Frick, H., & Mulyani, T. H. (2006). *Arsitektur Ekologis*. Kanisius.

Grandjean. (1988). FITTING TASK TO THE
MAN. In *British Library Cataloguing*.

Karyono, T. H. (2001). PENELITIAN
KENYAMANAN TERMIS DI JAKARTA (Tri
Harso Karyono). *PENELITIAN
KENYAMANAN TERMIS DI JAKARTA
SEBAGAI ACUAN SUHU NYAMAN
MANUSIA INDONESIA*, 29.

Peraturan Menteri Pendidikan dan
Kebudayaan nomor 24 tahun 2007
tentang Standar Sarana dan Prasarana
untuk Sekolah Dasar/Madrasah
Ibtidaiyah (SD/MI), Sekolah Menengah
Pertama/Madrasah Tsanawiyah
(SMP/MTS), dan Sekolah Menengah
Atas/Madrasah Aliyah (SMA/MA), JDIH
BPK RI (2007).

Kristanto, Wi. (2010). Tentang Rumah Sehat.
<https://kotaku.pu.go.id/>.

Manurung, P. (2009). *Desain Pencahayaan
Arsitektural (Konsep Pencahayaan
Artificial Pada Ruang Eksterior)*. Andi
Offset.

Satwiko, P. (2009). *Fisika Bangunan*. Andi
Offset.