

EVALUASI KUALITAS UDARA DAN KENYAMANAN TERMAL PADA RUANG KELAS PADA MASA PANDEMI COVID-19

Laina Hilma Sari¹, Era Nopera Rauzi², Allaily³, Aisyah L Pertiwi⁴

¹Jurusan Arsitektur dan Perencanaan, Universitas Syiah Kuala, email: laina_hilma@unsyiah.ac.id

²Jurusan Arsitektur dan Perencanaan, Universitas Syiah Kuala, email: era.rauzi@unsyiah.ac.id

³Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, email: allaily@unsyiah.ac.id

⁴Jurusan Arsitektur dan Perencanaan, Universitas Syiah Kuala, email: aisyahluciana1999@gmail.com

ABSTRAK

Kualitas udara dan kenyamanan termal sangat penting dalam menyediakan lingkungan yang nyaman bagi siswa di dalam kelas. Di masa pandemi Covid-19, sekolah bertanggung jawab untuk menyediakan lingkungan yang nyaman dan sehat bagi para siswa. Dalam penelitian ini, Sekolah Dasar Islam Terpadu (SD IT) Nurul Ishlah, sebuah sekolah swasta yang terletak di Banda Aceh diukur untuk mengevaluasi konsentrasi CO₂ sebagai indikator tingkat kualitas udara. Kenyamanan termal juga dievaluasi melalui Standar Suhu Efektif Standar Nasional Indonesia (SNI). Penelitian ini menunjukkan bahwa kadar konsentrasi CO₂ masih dalam taraf yang dapat diterima yaitu lebih rendah dari 1000ppm. Namun, suhu efektif sebagian besar lebih tinggi dari kisaran kenyamanan. Hanya ada beberapa jam yang masuk ke kisaran hangat yang nyaman. Studi ini mengusulkan agar lebih banyak aliran udara yang masuk ke dalam kelas untuk menciptakan sensasi termal yang baik serta cara untuk menghilangkan bau dan mempertahankan tingkat CO₂ dalam kisaran yang sehat.

Kata kunci: ruang kelas, kualitas udara, kenyamanan termal

Info Artikel:

Dikirim: 22 Februari 2022; Revisi: 30 Maret 2022; Diterima: 4 April 2022; Diterbitkan: 4 April 2022



©2022 The Author(s). Published by Arsitekno, Architecture Program, Universitas Malikussaleh, Aceh Indonesia under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. PENDAHULUAN

Masa pandemi Covid-19 telah memberikan banyak perubahan cara pandang terhadap peningkatan kualitas ruang. Baik bangunan hunian maupun publik menjadi perhatian di dalam menghadirkan suasana nyaman dan sehat, Hasil studi sebelumnya pada rumah tinggal menunjukkan bahwa kondisi ventilasi dan pencahayaan menjadi masalah. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan lahan untuk menempatkan bukaan seperti jendela [1], [2]. Pada bangunan publik ketergantungan terhadap penghawaan buatan menjadi tantangan dalam menghadirkan ventilasi yang baik.

Sekolah juga merupakan sarana penting yang harus diperhatikan. Untuk meningkatkan kualitas pendidikan siswa, sekolah harus tangguh melawan Covid-19. Dalam hal ini, ruang kelas perlu memiliki kualitas udara dan kenyamanan Termal yang memenuhi standar. Kualitas udara yang baik dapat mengurangi konsentrasi CO₂, virus dan bebauan [3]. Sedangkan kenyamanan termal yang memenuhi standar dapat memberikan sensasi menyenangkan serta meningkatkan performa belajar siswa. Pencemar udara yang terdapat di dalam ruang kelas antara lain adalah karbon dioksida atau CO₂ yang bersumber dari proses metabolisme tubuh manusia. Apabila CO₂ yang dikandung udara di dalam ruang kelas mencapai lebih dari 1000 ppm maka akan berdampak pada terganggunya kesehatan serta performa belajar siswa. Mempertahankan konsentrasi CO₂ udara di dalam ruangan tidak melebihi ambang batas yang diijinkan untuk kesehatan secara prinsip hanya dapat dilakukan dengan cara pengenceran yaitu memasok udara segar ke dalam ruang melalui ventilasi. Ruang dalam ruangan berisiko tingkat CO₂ tinggi ketika

sejumlah besar orang menempati ruang yang kecil atau memiliki ventilasi yang buruk. Pada tingkat sedang, CO₂ membuat orang lelah, mempengaruhi keterampilan kognitif, dan menyebabkan sakit kepala. Studi menunjukkan bahkan peningkatan moderat dalam kadar CO₂ dari 600 ppm menjadi 1000 ppm dapat menurunkan kemampuan kognitif dan pengambilan keputusan. Pada tingkat yang sangat tinggi, CO₂ dapat membuat orang sakit atau bahkan meninggal.

Kenyamanan termal pada daerah tropis juga menjadi sebuah tantangan dengan tingginya kelembaban udara dan tingginya temperatur. Untuk mengevaluasi sensasi nyaman termal dipakai Temperatur Efektif (ET) [4]. Standar SNI menentukan suhu nyaman termal adalah berkisar 20.5⁰C (ET)- 27.1⁰C (ET) dengan ambang batas sebagai berikut:

Tabel 1. Temperatur Efektif (ET) berdasarkan SNI

	Temperatur Efektif (TE)	Kelembaban (RH)
Sejuk Nyaman Ambang Atas	20,5 ⁰ C-22,8 ⁰ C	50%
	24 ⁰ C	80%
Nyaman Optimal Ambang Atas	22,8 ⁰ C-25,8 ⁰ C	70%
	28 ⁰ C	
Hangat Nyaman Ambang Atas	25,8 ⁰ C-27,1 ⁰ C	60%
	31 ⁰ C	

Sumber:Adaptasi [5]

Studi menunjukkan tingkat kualitas dan kenyamanan ruang yang baik dapat meningkatkan kesejahteraan penghuni [6]. Beberapa studi belakangan ini juga menunjukkan adanya hubungan positif antara kualitas ruang kelas (termasuk di dalamnya kondisi termal) dengan prestasi siswa [7], [8].

Oleh karena itu studi ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas udara dan kenyamanan termal pada ruang kelas. Studi kasus pada penelitian ini adalah Sekolah Dasar Islam Terpadu (SD IT) Nurul Ishlah. SD ini merupakan sekolah swasta di Banda Aceh dengan memberlakukan shift kelas di pagi dan siang di saat pandemi Covid-19. Pada studi ini, juga dievaluasi model bukaan jendela karena berkaitan dengan arah dan besarnya kecepatan udara yang masuk ke dalam ruangan.

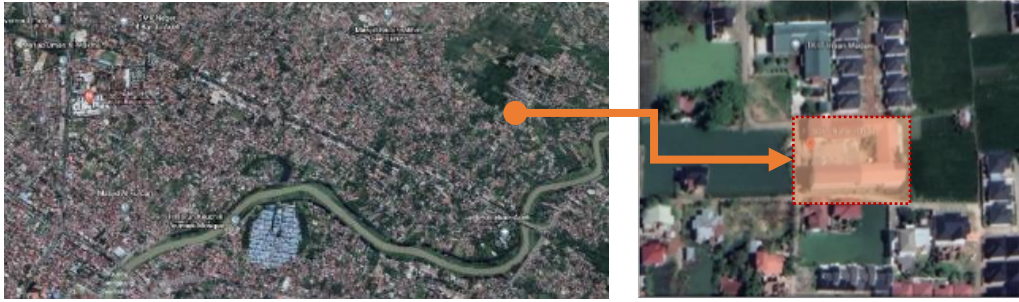


Gambar 1. SDIT Nurul Ishlah

2. METODE

2.1 Lokasi Pengukuran

Pengukuran ini dilaksanakan pada tanggal 16 dan 17 Maret 2021 di ruang kelas SDIT Nurul Ishlah yang merupakan Sekolah Dasar Swasta. SD ini berlokasi di Jalan Perdamaian, Pango Deah, Kecamatan Ulee Kareng, Kota Banda Aceh Provinsi Aceh (Gambar 2). Sekolah ini memiliki 18 ruang kelas yang terletak di tiga lantai; 1 laboratorium; serta 2 perpustakaan.

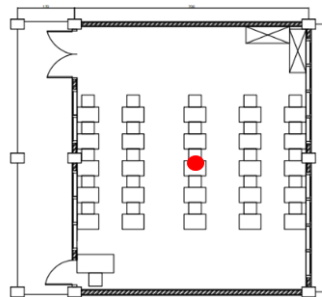


Gambar 2. SD IT Nurul Ishlah, Banda Aceh

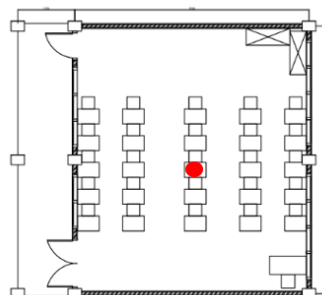
Pengukuran dilakukan di dua ruangan yaitu kelas IV yang terletak di lantai dasar (lantai 1) dan kelas VI di lantai 3. Alat ukur diletakkan di tengah ruang kelas. Posisi ketinggian alat diletakkan sejajar dengan kondisi siswa dalam posisi duduk.



Gambar 3. Model jendela dan suasana kelas



Gambar 4. Titik Pengukuran dalam Ruang Kelas IV SDIT Nurul Ishlah



Gambar 5. Titik Pengukuran dalam Ruang Kelas VI SDIT Nurul Ishlah

2.2 Alat Ukur

Alat ukur yang digunakan pada penelitian ini adalah alat ukur kualitas udara dan alat ukur kecepatan udara.

- Alat ukur kualitas udara

Air Quality Meter merupakan suatu perangkat alat uji untuk mengukur dan memonitor kualitas udara, dengan menggunakan alat ini dapat diketahui tingkat kualitas udara sehingga didapatkan data yang terukur batas kualitas udara yang dihasilkan apakah masih dalam toleransi atau sudah terkena pencemaran udara. Alat ini mengukur parameter temperatur udara ($^{\circ}\text{C}$), kelembaban udara (%), dan CO_2 mg/m^3 .



Gambar 6. *Air Quality Detector*



Gambar 7. *Air Speed Meter*

- Alat ukur kecepatan udara

Air speed meter merupakan suatu perangkat alat uji untuk mengukur dan memonitor kecepatan udara dalam satuan m/s .

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah siswa di dalam ruang kelas obyek studi seluruhnya adalah 16 orang. Karena setiap hari diberlakukan shift siswa yang belajar secara langsung di kelas, sehingga siswa yang hadir hanya setengah dari total siswa Kelas IV-B. Hal ini mengikuti anjuran pemerintah yaitu *social distancing* demi memutus rantai penyebaran virus Covid-19. Dengan luas ruang 56 m^2 (tinggi plafon $3,90 \text{ m}$) maka densitas ruang kelas adalah $3,5 \text{ m}^2$ /siswa. Hal ini tentunya lebih tinggi dari ketentuan dalam Keputusan Menteri Kesehatan No.1429/MENKES/SK/2006 [9] yaitu minimal $1,75 \text{ m}^2$ /siswa dengan tinggi plafon 3 m .

- Ruang Kelas IV-B

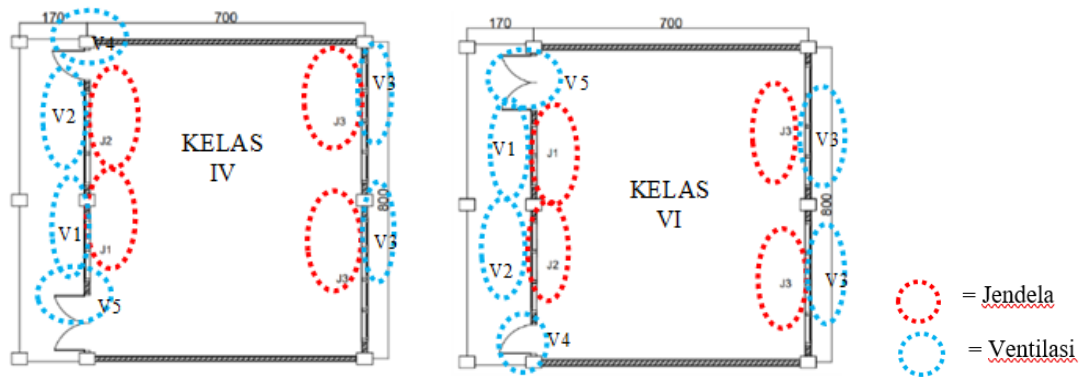
Setiap hari diberlakukan shift siswa yang dapat belajar secara langsung di kelas, maka dalam satu hari ruang kelas digunakan secara bergantian oleh kelas 1 dan kelas 4. Sehingga setiap harinya ruang ini digunakan dari pukul 08.00 WIB sampai dengan 16.00 WIB.

- Ruang Kelas VI-B

Setiap hari diberlakukan shift siswa yang dapat belajar secara langsung di kelas, maka dalam satu hari ruang kelas digunakan secara bergantian oleh kelas 3 dan kelas 6. Sehingga setiap harinya ruang ini digunakan dari pukul 08.00 WIB sampai dengan 16.00 WIB.

3.1 Bukaan Ventilasi

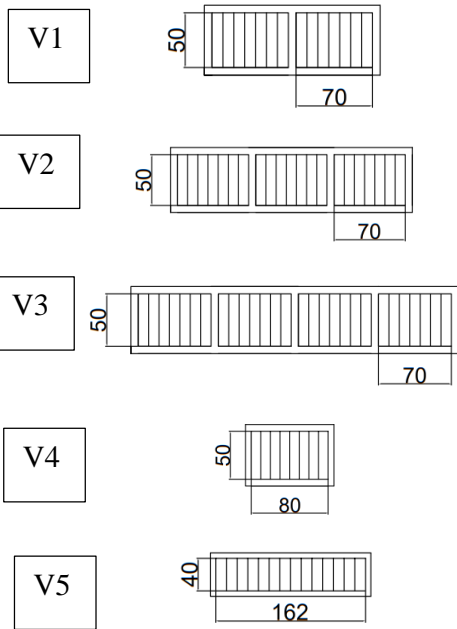
Penempatan ventilasi di Ruang Kelas SDIT Nurul Ishlah sesuai kaidah perancangan sistem ventilasi silang di mana posisi bukaan berada (jendela dan jalusi) di sisi berlawanan dengan elevasi berbeda, posisi bukaan seperti ini dapat menciptakan pola aliran udara yang bergerak dari inlet ke outlet. Orientasi inlet yang mengarah ke potensi arah datang angin akan mempengaruhi kecepatan udara untuk mencapai kenyamanan termal di dalam bangunan.



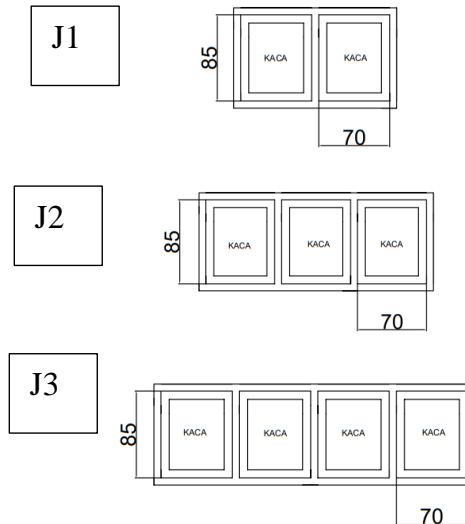
Gambar 8. Denah Penempatan Jendela dan Ventilasi

Tabel 2. Luasan dan peresentasi luasan bukaan terhadap luasan ruang

Tipe Bukaan	Luas Bukaan	
	Kelas IVB	Kelas VIB
Jalusi	15 m ²	15 m ²
Horizontal	(16,3 %)	(16,3 %)
Jendela	7,7 m ²	7,7 m ²
Gantung Atas	(1,8%)	(1,8%)
Total Luasan	22,7 (40%)	22,7 (40%)



Gambar 9. Detil ventilasi



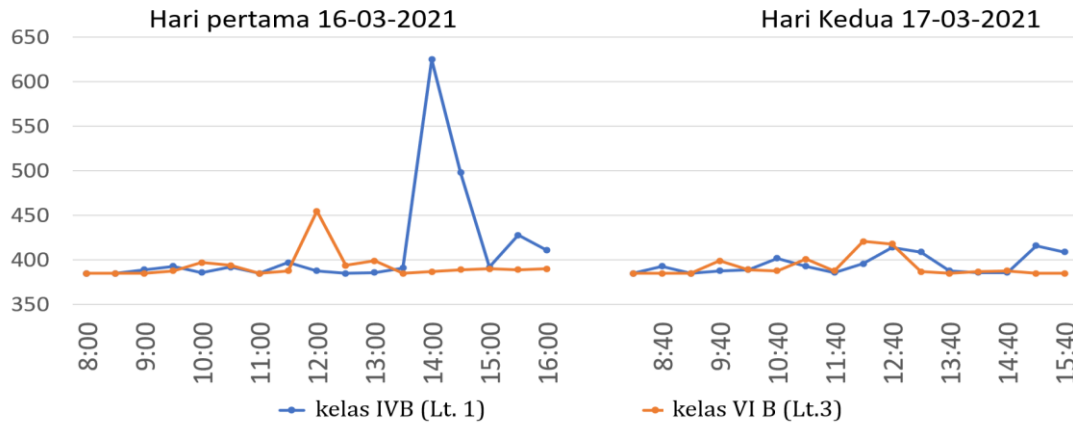
Gambar 10. Detil Jendela

Berdasarkan standar bahwa luasan jendela adalah 10-25% [10], maka Tabel 2 menunjukkan bahwa ruang kelas SD IT Nurul Ishlah telah memiliki luasan jendela yang melebihi standar. Untuk hal ini ruang kelas mendapatkan cahaya alami yang sangat baik.

3.2 Hasil Pengukuran

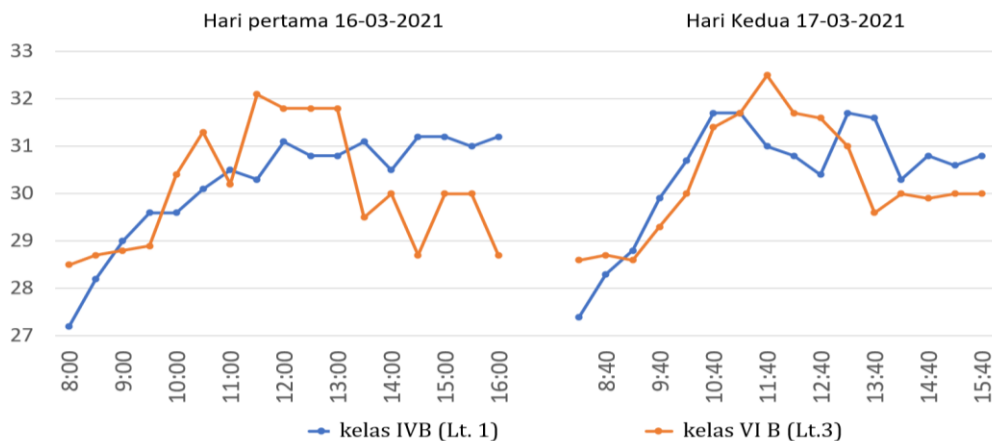
Kontaminasi CO₂ di dalam ruangan kecil yang berkisar di angka 400-450 ppm. Hanya di hari pertama pengukuran terdapat fluktuasi yang tinggi hingga lebih dari 600 ppm (Gambar 11). Hal ini mungkin terjadi karena terdapat interupsi pada saat pengukuran, seperti dekatnya mulut salah satu murid atau yang mengukur ke alat ukur. Kondisi ini masih dalam standar yang dibolehkan. Kondisi dikatakan buruk bila terjadi peningkatan dari 600 hingga 1000ppm.

EVALUASI KUALITAS UDARA DAN KENYAMANAN TERMAL PADA RUANG KELAS
PADA MASA PANDEMI COVID 19

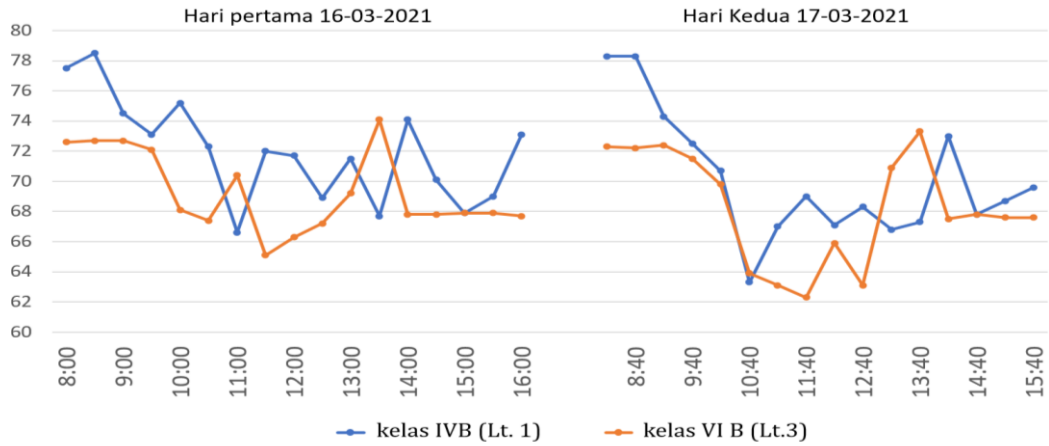


Gambar 11. Hasil Pengukuran CO2

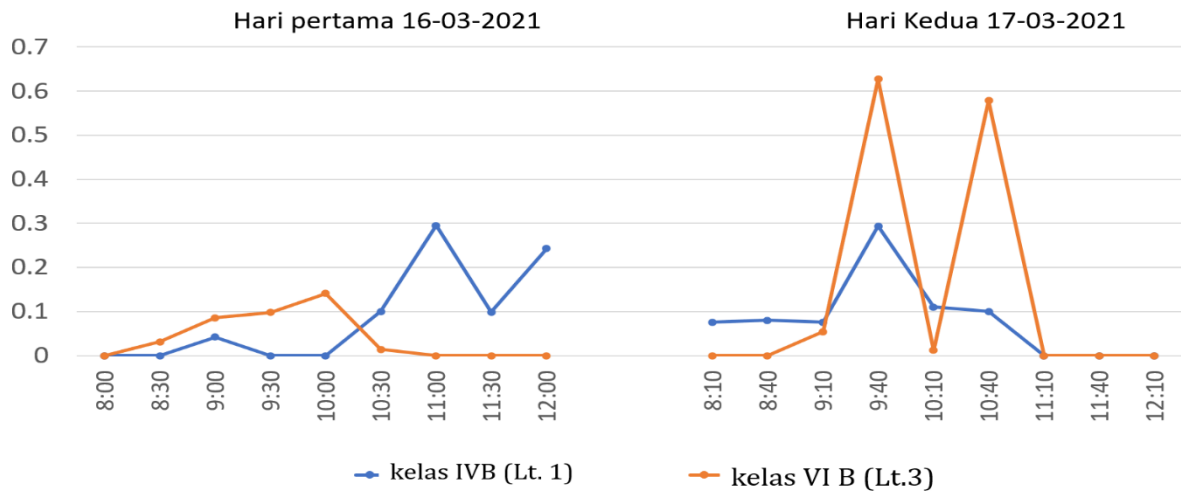
Temperatur udara, kelembaban udara serta kecepatan angin juga diukur untuk mendapatkan nilai Temperatur Efektif. Gambar 12 Menunjukkan bahwa temperatur udara berkisar 27-32^o; kelembaban udara berkisar 65-78% (Gambar 13); dan kecepatan udara 0-0.3 m/s (Gambar 14). Kelas VIB yang terletak di lantai 3 mendapatkan beberapa waktu di mana kecepatan angin mencapai 0.6 m/s. Hal ini bisa disebabkan karena posisi kelas VIB yang terletak di lantai 3 sehingga mendapatkan kecepatan angin yang lebih tinggi.



Gambar 12. Hasil Pengukuran Temperatur Udara

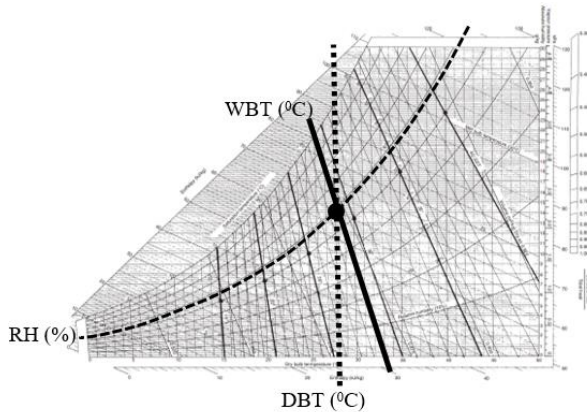


Gambar 13. Hasil Pengukuran Kelembaban Udara

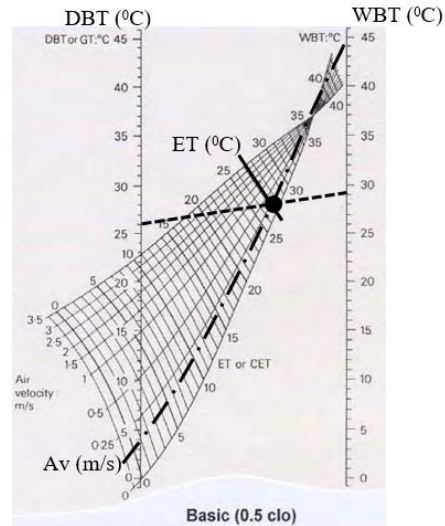


Gambar 14. Hasil Pengukuran Kecepatan Angin

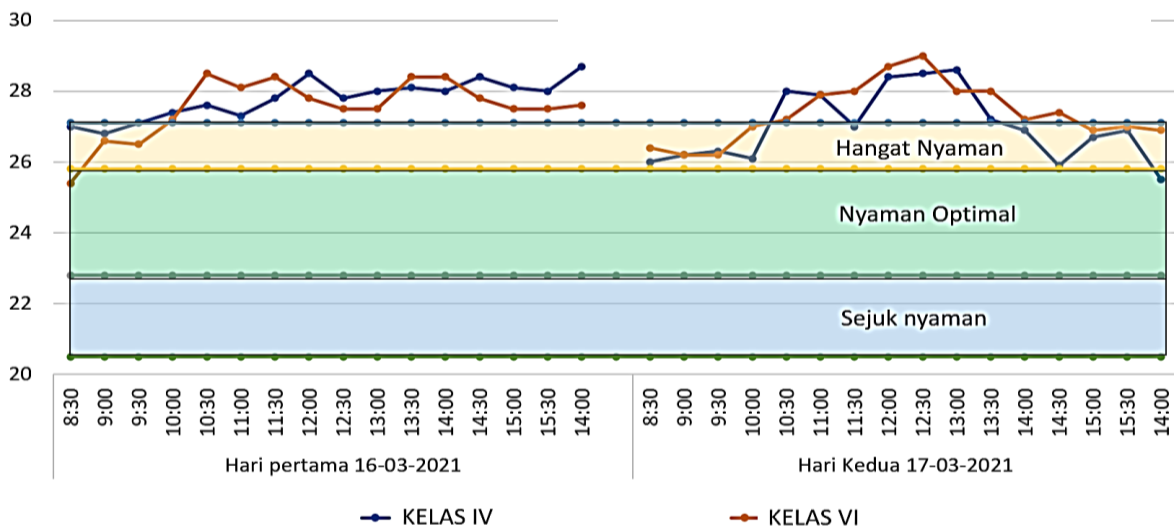
Untuk mendapatkan temperatur efektif, maka nilai temperatur udara (*Dry Bulb Temperature*) dan kelembaban udara (*Relative Humidity*) diciplak pada grafik psikometri (Gambar 15) untuk mendapatkan nilai *Wet Bulb Temperature* (WBT) [11]. Selanjutnya nilai WBT dan nilai kecepatan angin di *trace* pada monogram untuk mendapatkan nilai temperatur efektif (Gambar 16) [11].



Gambar 15. Grafik Psikometri
 Sumber: Adaptasi [11]



Gambar 16. Monogram
 Sumber: Adaptasi [11]



Gambar 17. Hasil Pengukuran Temperatur Efektif

Gambar 17 menunjukkan hasil perolehan nilai temperatur efektif (ET) pada kedua ruang kelas secara mayoritas berada di luar standar nyaman termal. Hal ini bisa disebabkan oleh nilai kelembaban udara yang tinggi dan tidak dibarengi dengan kecukupan aliran udara di dalam ruangan. Kecepatan udara hanya berkisar 0-0.3m/s yang tidak dirasakan sensasinya oleh manusia.

3.3 Pembahasan

Hasil pengukuran CO₂ menunjukkan nilai kontaminasi yang kecil sehingga masih masuk dalam standar baik. Sedangkan nilai termal berada di luar standar nyaman SNI. Hal ini diakibatkan oleh nilai temperatur dan kelembaban udara yang tinggi namun tidak diikuti dengan kecepatan angin yang memadai.

Jumlah dan dimensi jendela serta letak jendela telah memadai, namun temperatur efektif (ET) masih berada di luar standar nyaman termal. Pada saat pengukuran, daun jendela tidak semua terbuka, hal ini menjadi salah satu alasan kecilnya kecepatan angin yang masuk ke dalam ruangan sehingga meningkatkan nilai ET. Bukan yang mampu mengalirkan udara juga dapat menurunkan nilai kelembaban sehingga dapat menurunkan nilai ET.

Temperatur udara yang tinggi di dalam ruangan yang juga mempengaruhi nilai ET disebabkan oleh jendela kaca yang tertutup. Ruangan dengan kaca yang tertutup dapat mengurung panas. Oleh karena itu jendela yang terbuka menjadi solusi untuk melepaskan panas dari dalam ruangan. Temperatur udara juga dapat diturunkan dengan hadirnya pencahayaan (*shading*). Pencahayaan di luar selain memberi iklim mikro yang sejuk, juga dapat menyebabkan terjadinya induksi aliran udara ke dalam ruangan yang temperaturnya lebih tinggi.

Pandemi Covid-19 dengan karakter penyakit pernafasan juga direkomendasikan untuk dicegah melalui desain dan ketersediaan ventilasi yang baik. Aliran udara yang cukup di dalam ruangan dapat menurunkan kontaminasi gas berbahaya, mengurangi bebauan serta mengurangi penyebaran virus. Seningga dari studi ini, direkomendasikan pada sekolah yang disurvei untuk membuka jendela secara rutin. Sekolah juga perlu menghadirkan pencahayaan berupa vegetasi untuk menurunkan iklim mikro dan menghadirkan kenyamanan termal di dalam ruangan. Vegetasi juga membentuk suasana *biophilic* yang ramah terhadap lingkungan [12].

4. KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kualitas udara dan kondisi termal ruang pada ruang kelas. SDIT Nurul Ishlah, Banda Aceh sebagai studi kasus pada penelitian ini. Kualitas udara pada ruang kelas secara umum baik karena memiliki nilai CO₂ yang jauh lebih kecil dari 1000ppm. Sedangkan kualitas kenyamanan termal pada ruang kelas, masih dirasakan panas yang ditunjukkan oleh nilai ET yang berada di luar standar nyaman SNI. Sekolah ini dengan standar desain sekolah pada umumnya di Banda Aceh, juga memberikan rekomendasi bahwa sekolah terutama Sekolah Dasar harus mengoptimalkan bukaan jendela untuk dapat memberikan aliran udara yang baik ke dalam ruangan.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada SDIT Nurul Ishlah yang telah berkenan menjadikan sekolahnya sebagai area survey serta menjadikan kegiatan ini sebagai bagian dari kegiatan penelitian dan pengabdian kepada Masyarakat. Ucapan terimakasih juga kepada LPPM Universitas Syiah Kuala yang telah menerima proses kegiatan ini sebagai bagian dari kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat dengan biaya mandiri tahun 2021.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. H. Sari, Zahriah, and P. Hefanirada, "A Preliminary-study of environment evaluation (Case study: Houses in Aceh Province, Indonesia)," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 881, no. 1, doi: 10.1088/1755-1315/881/1/012027.
- [2] A. L. Pertiwi, L. H. Sari, A. Munir, and Zahriah, "Evaluation of air quality and thermal comfort in classroom," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 881, no. 1, doi: 10.1088/1755-1315/881/1/012028.
- [3] S. Bonetta, S. Bonetta, S. Mosso, S. Sampò, and E. Carraro, "Assessment of microbiological indoor air quality in an Italian office building equipped with an HVAC system," *Environ. Monit. Assess.*, vol. 161, no. 1–4, pp. 473–483, 2010, doi: 10.1007/s10661-009-0761-8.
- [4] GAGGE AP, STOLWIJK JAJ, and NISHI Y, "Effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response," *ASHRAE Trans.*, vol. 77, no. pt 1 paper 2192 p 247-63, pp. 247–263, 1971.
- [5] SNI 03 - 6572 - 2001, *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. 2001, pp. 1–55.
- [6] Y. Al horr, M. Arif, M. Katafygiotou, A. Mazroei, A. Kaushik, and E. Elsarrag, "Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: A review of the literature," *Int. J. Sustain. Built Environ.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–11, 2016, doi: 10.1016/j.ijse.2016.03.006.
- [7] M. J. Mendell and G. A. Heath, "Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature," *Indoor Air*, vol. 15, no. 1, pp. 27–52, 2005, doi: 10.1111/j.1600-0668.2004.00320.x.
- [8] N. P. Sensharma, J. E. Woods, and A. K. Goodwin, "Relationships between the indoor environment and productivity: A literature review," in *ASHRAE Transactions*, 1998, vol. 104, no. Pt 1A, pp. 686–701.

- [9] Kementrian Kesehatan, *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1429/MENKES/SK/XII/2006 Tentang Pedoman Penyelenggaraan Kesehatan Lingkungan Sekolah*. 2006, p. 13.
- [10] A.-T. Nedhal, F. Sharifah Fairuz Syed, and A. Adel, "Relationship between Window-to-Floor Area Ratio and Single-Point Daylight Factor in Varied Residential Rooms in Malaysia," *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 9, no. 33, 2016, doi: 10.17485/ijst/2016/v9i33/86216.
- [11] S. V. Szokolay, *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*, vol. 8. 2008.
- [12] A. Almusaed, *Biophilic and bioclimatic architecture: Analytical therapy for the next generation of passive sustainable architecture*. Springer Science & Business Media, 2011.