



Analisis Kenyamanan Termal Ruang Kelas Sekolah Dasar Negeri 2 Sokaraja Tengah

Maretha Rahmawati Widyaningrum¹, Anastasia Febiyani¹, dan Aswan Munang¹

¹Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Jl. D.I Panjaitan No. 128
Purwokerto, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Halaman:
77 – 84

Tanggal penyerahan:
5 Agustus 2022

Tanggal diterima:
17 April 2023

Tanggal terbit:
30 April 2023

EMAIL

¹18106048@ittelkom-
pwt.ac.id

¹anastasia@ittelkom-
pwt.ac.id

¹aswan@ittelkom-pwt.ac.id

ABSTRACT

Public elementary school 2 central sokaraja is one of the various educational facilities that has west and east side buildings. The difference that can be seen is that the amount of vegetation on the west side is less than the east side. This causes a difference in the intensity of solar heat entering the classroom. The results of measuring air temperature and humidity range from 28.8 ° C-29.2 ° C with humidity reaching 75.5%, meaning that it exceeds the comfortable limit set based on SNI, which is 18 ° C-26 ° C. It is necessary to analyze the level of comfort in the classroom to find out proposals for improvement of facilities at this school. This study uses PMV and PPD methods and student perceptions of classroom thermal comfort. PMV results are categorized as slightly warm, PPD west side class by 36% and east side class by 22.5%. Student perception questionnaire on the west side of 42% uncomfortable and the east side of 32% uncomfortable thermally. Suggestions given such as the addition of vegetation to fan maintenance.

Keywords: PMV, PPD, student perception, thermal comfort

ABSTRAK

Sekolah Dasar Negeri 2 Sokaraja Tengah merupakan satu dari banyaknya fasilitas Pendidikan yang memiliki bangunan sisi barat dan timur. Perbedaan yang dapat terlihat yaitu jumlah vegetasi pada sisi barat lebih sedikit dibanding sisi timur. Hal ini menyebabkan adanya perbedaan intensitas panas matahari yang masuk dalam ruang kelas. Hasil pengukuran temperatur udara dan kelembaban berkisar antara 28,8°C-29,2°C dengan kelembaban mencapai 75,5%, berarti melebihi batas nyaman yang ditetapkan berdasarkan SNI yaitu 18°C-26°C. Perlu dilakukan analisis tentang tingkat kenyamanan pada ruang kelas untuk mengetahui usulan perbaikan fasilitas pada sekolah ini. Penelitian ini menggunakan metode PMV dan PPD serta persepsi siswa terhadap kenyamanan termal ruang kelas. Hasil PMV masuk kategori *slightly warm*, PPD kelas sisi barat sebesar 36% dan kelas sisi timur sebesar 22,5%. Kuesioner persepsi siswa pada sisi barat sebesar 42% tidak nyaman dan sisi timur sebesar 32% tidak nyaman secara termal. Usulan yang diberikan seperti penambahan vegetasi hingga perawatan kipas angin.

Kata kunci: kenyamanan termal, persepsi siswa, PMV, PPD

PENDAHULUAN

Kegiatan manusia dalam sehari-hari tidak terhindar dari penggunaan bangunan sebagai tempat aktivitas mereka. Sekitar 90% manusia melakukan aktivitasnya di dalam ruangan serta untuk para pelajar, mereka menghabiskan sepertiga setiap harinya dalam bangunan (gedung) sekolah untuk belajar [1]. Lamanya kegiatan manusia di dalam ruangan mengharuskan pendirian gedung selain

memperhatikan nilai estetika juga perlu memperhatikan aspek kenyamanan termal. Kondisi termal gedung yang baik tentunya akan memberikan rasa nyaman serta mampu meningkatkan produktivitas penghuninya [2].

Kenyamanan termal menurut standar *ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating Air Condition Engineer)* adalah perasaan seseorang ketika merasa nyaman berada di suatu lingkungan dengan kondisi tertentu [3]. Pengertian lain dari kenyamanan termal yaitu keseimbangan termal yang dicapai dari hasil pertukaran panas suhu tubuh dengan lingkungannya [4]. Rasa nyaman seseorang selain dipengaruhi oleh hubungan antar individu juga karena kondisi lingkungan secara fisik seperti suhu udara, kelembaban, pencahayaan, kecepatan angin serta kebisingan yang terjadi. Respon yang diterima tentang kenyamanan termal di lingkungannya berbeda-beda termasuk dari banyaknya aktivitas yang dikerjakan dan jenis pakaian dipakai serta faktor lainnya. Suhu udara yang terjadi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pengaruh letak geografis, sudut datang sinar matahari, rotasi bumi, banyaknya awan, serta arah angin [5]. Berbeda dengan *ASHRAE 55* mengenai faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal dilihat dari sisi individunya, Szokolay menambahkan faktor usia, jenis kelamin, warna kulit serta tingkat individu terhadap kenyamanan termal [6].

Standar kenyamanan termal di Indonesia tercantum dalam peraturan MENKES No.261/MENKES/SKII/1998 menyebutkan bahwa temperatur efektif untuk ruangan *indoor* memiliki *range* 18°C-26°C [7]. Salah satu faktor yang menyebabkan ketidakpuasan terhadap kenyamanan termal adalah dingin serta panasnya suatu ruangan [8], sehingga jika temperatur melebihi batas hal yang dilakukan oleh manusia pada umumnya adalah menyalakan AC/kipas angin hingga membuka jendela untuk mengurangi rasa panas yang dirasakan.

Studi lapangan menyebutkan bahwa kondisi termal ruang kelas SDN 2 Sokaraja Tengah melebihi standar yang ada di Indonesia. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekolah seperti minimnya jumlah vegetasi. Solusi pengendalian termal seperti penambahan fasilitas sekolah bukanlah hal yang mudah dilakukan, proses ini tentunya harus ada koordinasi dari pihak sekolah. Perlu dilakukan analisis tentang tingkat kenyamanan pada ruang kelas untuk mengetahui usulan perbaikan fasilitas pada SD Negeri 2 Sokaraja Tengah. Penelitian ini menggunakan metode PMV (*Predicted Mean Vote*), penyusunan model PMV (*Predicted Mean Vote*) yaitu berdasarkan teori dari Fanger (1982) yang menjelaskan tentang hubungan sensasi termal dengan kombinasi kenyamanan termal dengan kombinasi kenyamanan termal yang terdiri dari faktor lingkungan (temperatur, kelembaban, kecepatan angin) dan faktor individu (insulasi pakaian dan tingkat aktivitas) [9]. Setelah hasil PMV diketahui maka dilakukan perhitungan PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*) untuk mengetahui jumlah orang yang merasa tidak nyaman terhadap paparan termal diterima [10]. Penyebaran kuesioner dilakukan untuk mengetahui mengetahui persepsi siswa kelas IVB (sisi barat) dan VIA (sisi timur) tentang kenyamanan termal ruang kelas.

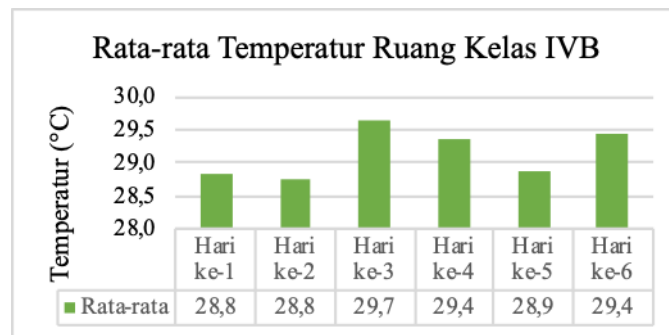
METODE

Variabel dalam penelitian ini yaitu kenyamanan termal ruang kelas di SD Negeri 2 Sokaraja Tengah yang meliputi pengukuran temperatur ruang, kelembaban serta kecepatan angin. Pengukuran ini dilakukan secara langsung menggunakan alat bantu ukur yaitu *temperature humidity meter* yang digunakan untuk mengukur temperatur ruang, kelembaban ruang dan *anemometer* untuk mengukur kecepatan angin. Penggunaan alat ukur tersebut diletakan dengan jarak 1.5 m dari permukaan lantai dan hasil yang diperoleh dicatat dalam kertas dan selanjutnya dipindah ke *microsoft excel* dan juga dilakukan penilaian *index clo* yang digunakan serta aktivitas yang dilakukan siswa. Pengumpulan data dilakukan selama 6 hari sekolah dengan 5 titik ukur pada pukul 07.30-11.00 setiap 15 menit untuk setiap kelas. Kelas yang dipilih untuk dijadikan objek adalah kelas IV B dan VI A. Pemilihan ruang kelas ini mempertimbangkan letak ruang kelas, yaitu sisi barat untuk kelas IV B dan timur untuk kelas VI A. Selain letak bangunan berbeda, pertimbangan lain yaitu banyaknya vegetasi yang ada. Bangunan sisi timur memiliki lebih banyak vegetasi dibanding sebelah barat. Hasil yang sudah diperoleh kemudian dilakukan pengolahan data dengan metode PMV (*Predicted Mean Vote*) dan PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*). Selain itu, pengambilan kuesioner juga dilakukan untuk mengetahui persepsi siswa tentang kondisi termal ruang kelas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

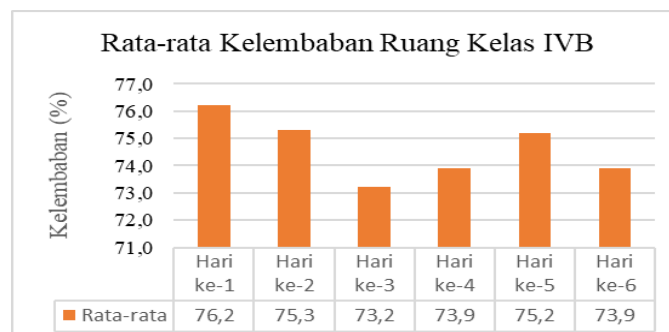
Pengukuran Pada Kelas IV B

Ruang kelas IV B terletak di bagian barat dengan ukuran 7mx7m dan jumlah siswa sebanyak 27. Ruang kelas ini memiliki 1 kipas angin yang terletak di tengah, 1 bukaan pada sisi pintu masuk dengan 2 jendela tipe *swing* dan 1 tipe *fixed window* ditengah. Sementara itu, untuk sisi yang berlawanan memiliki 2 bukaan dengan 2 tipe *swing* dan 1 tipe *fixed window*. Ruang kelas ini didominasi dengan warna hijau pupus. Data yang diambil berupa temperatur ruang, kelembaban, kecepatan angin serta pendapat siswa tentang kondisi termal ruang kelas.



Gambar 2. Rata-rata temperatur ruang kelas IV B

Hasil rata-rata total sebesar 29.2°C dengan temperatur rata-rata terendah sebesar 28.8°C pada hari ke 1, hari ke 2 dan tertinggi 29.7°C pada hari ke 3. Hasil tersebut melebihi standar temperatur efektif Indonesia yang berkisar 18°C-26°C sehingga suhu tersebut bisa dikatakan kurang nyaman. Hal ini terjadi karena faktor lingkungan sekitar yang menyebabkan adanya peningkatan suhu ruang.

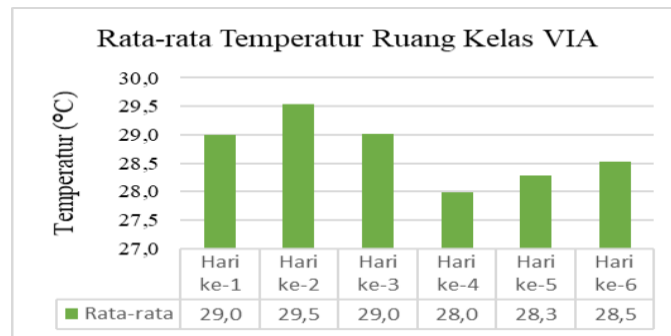


Gambar 3. Rata-rata kelembaban ruang kelas IV B

Hasil rata-rata kelembaban selama 6 hari sebesar 74.6% dengan kelembaban terendah sebesar 73.2% pada hari ke-3 dan tertinggi 76.2% pada hari ke 1. Hasil rata-rata total tersebut menunjukkan bahwa kelembaban yang terjadi melebihi standar kenyamanan yang ditetapkan yaitu 60%. Pengukuran kecepatan angin pada kelas IV B selama 6 hari dengan 5 titik pengambilan data didapatkan rata-rata total sebesar 0 m/s. Pada saat pengukuran dilakukan berasal dari kipas angin yang menyala dan dalam kondisi lingkungan luar tidak berangin.

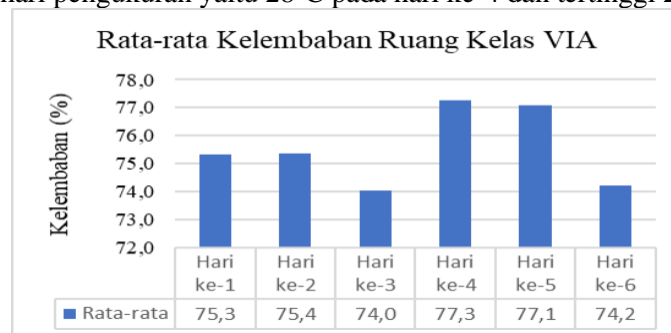
Pengukuran Pada Kelas VI A

Letak ruang kelas VI A ini berada pada bagian timur dengan ukuran kelas 7m x7m dan jumlah siswa sebanyak 33. Ruang kelas memiliki 1 kipas angin yang berada di tengah, 1 bukaan sisi pintu masuk dengan 2 jendela tipe *swing* dan 1 *fix window*, sedangkan pada sisi berlawanan memiliki 2 bukaan dengan masing-masing 2 tipe *swing* dan 1 *fix window*.



Gambar 4. Rata-rata kelembaban ruang kelas VI A

Rata-rata total temperatur ruang kelas VI A yaitu 28.7°C. Hasil rata-rata terendah temperatur yang terjadi selama 6 hari pengukuran yaitu 28°C pada hari ke-4 dan tertinggi 29.5°C pada hari ke-2.



Gambar 5. Rata-rata kelembaban ruang kelas VI A

Rata-rata total kelembaban ruang kelas VI A total s sebesar 75.5%. Kelembaban terendah dari rata-rata pengukuran selama 6 hari sebesar 74% pada hari ke 3 dan tertinggi 77.3% pada hari ke 4. Hasil tersebut juga melebihi standar kelembaban nyaman yang ditetapkan di Indonesia, yaitu sebesar 60%. Rata-rata kecepatan angin ruang kelas VI A didapatkan hasil sebesar 0 m/s.

Perhitungan Nilai Insulasi Pakaian dan Aktivitas Siswa

Perhitungan ini nantinya akan digunakan untuk menentukan nilai PMV. Berikut ini adalah tabel insulasi pakaian siswa.

Tabel 1. Nilai indeks *clo*

| Wanita | | Pria | |
|-----------------|-------------|----------------|-------------|
| Uraian Pakaian | Clo | Uraian Pakaian | Clo |
| Celana dalam | 0,05 | Celana dalam | 0,05 |
| Kaos dalam | 0,06 | Kaos dalam | 0,06 |
| Legging pendek | 0,14 | Kemeja pendek | 0,47 |
| Legging panjang | 0,15 | Kemeja Panjang | 0,22 |
| Kemeja panjang | 0,22 | Celana panjang | 0,15 |
| Kemeja pendek | 0,47 | Celana pendek | 0,15 |
| Rok pendek | 0,15 | Sepatu | 0,04 |
| Rok panjang | 0,15 | Kaos Kaki | 0,01 |
| Kaos kaki | 0,01 | | |
| Sepatu | 0,04 | | |
| Kerudung | 0,03 | | |
| Total | 1,47 | Total | 1,15 |
| Clo | 1,18 | Clo | 0,95 |

Perhitungan hasil *clo* dapat dilihat seperti dibawah ini.

$$\text{Wanita} = 0,727(\sum \text{masing} - \text{masing } clo) + 0,050 \dots\dots (1)$$

$$\text{Pria} = 0,727(\sum \text{masing} - \text{masing } clo) + 0,113 \dots\dots\dots (2)$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai insulasi pakaian diatas maka yang dipakai untuk melakukan perhitungan PMV adalah nilai yang terbesar yaitu 1,18. Sementara itu, untuk aktivitas siswa dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Aktivitas siswa

| Aktivitas | Met | W/m |
|---------------|-----|-----|
| Membaca,duduk | 1 | 55 |
| Menulis | 1 | 60 |

Nilai PMV dan PPD kelas IV B

Perhitungan nilai PMV menggunakan data-data yang sebelumnya sudah diketahui yaitu temperatur (t_a) =29,2°C, kelembaban (RH) =74,6% dan temperatur radiasi (t_r) =29,4°C. Model perhitungan PMV ini menggunakan 7 skala menurut ASHRAE-55 [11]. Tabel skala PMV dapat dilihat seperti berikut.

Tabel 3. Skala PMV

| Skala | Sensasi Termal |
|-------|-----------------------------|
| 3 | Hot (Panas) |
| 2 | Warm (Hangat) |
| 1 | Slightly Warm (Agak hangat) |
| 0 | Netral |
| -1 | Slightly Cool (Agak dingin) |
| -2 | Cool (Dingin) |
| -3 | Cold (Sangat dingin) |

Sumber: S.Carlucci,2021

Penentuan nilai PMV dapat dilakukan seperti urutan berikut.

- Metabolic Rate* (M) dan *External work* (W)
Nilai 1 Met = 58.15 W/m² dan aktivitas luar (W)=0 (jika sebagian besar aktivitas dilakukan dalam ruangan).
- Nilai rasio permukaan tubuh saat berpakaian dan tidak (f_{cl})

$$f_{cl} = 1,05 + 0,1I_{cl}, \text{ untuk } I_{cl} > 0,5 \text{ clo}$$

$$= 1,05 + 0,1(1,18)$$

$$= 1,168 \text{ W/m}^2$$
- Nilai konvektif *heat transfer* (h_c)

$$h_c = 3,1 \text{ untuk } 0 < V < 0,2$$

$$= 16,5 \times 3,1$$

$$= 51,15 \text{ W/m}^2/\text{K}$$
- Kelembaban udara (P_a)

$$P_a = RH \times P_s$$

$$= 74,5\% \times 4,052$$

$$= 30,23 \text{ kPa}$$
- Pertukaran panas konvektif respiratori

$$C_{res} = 0,0014M(34 - t_a)$$

$$=0,001 \times 116,3(34-29,2)$$

$$=0,781536 \text{ W/m}^2$$

- f. Pertukaran panas evaporatif respiratori

$$E_{res} = 1,72 \times 10^{-5} M(5867 - P_a)$$

$$= 5,691024 \text{ W/m}^2$$

- g. Pertukaran panas secara penguapan pada kulit ketika mengalami sensasi termal

$$E_c = 3,05 \times 10^{-3} \times ((5733 - 6,99 \times (M - W) - P_a)) + 0,42(M - W - 28,15)$$

$$= 3,941998 \text{ W/m}^2$$

- h. Kehilangan panas kering

Asumsi yang digunakan:

$$\varepsilon = 0,95$$

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$$

$$A_r/A_D = 0,77$$

$$H = \varepsilon \sigma \frac{A_r}{A_D} \times f_{cl} \left((t_{cl} + 237)^4 \right) - \left((t_r + 237)^4 \right) + f_{cl} \times h_c (t_c - t_a)$$

$$= 0,95 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 0,77 \times 1,168 \times ((34,3 + 237)^4 - (29,4 + 237)^4) + 1,168 \times 51,15(34,3 - 29,2)$$

$$= 33,15$$

- i. PMV (*Predicted Mean Vote*)

$$PMV = (0,303 \times e^{-0,036M} + 0,028) \times ((M - W) - H - E_c - C_{res} - E_{res})$$

$$= 1,214443 \approx 1,2$$

- j. PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*)

$$PPD = 100 - 95 \times e^{(-0,03353 \times PMV^4 - 0,2179 \times PMV^2)}$$

$$= 35,9563 \approx 36\%$$

Jadi, untuk hasil PMV ruang kelas IV B sebesar 1,2 yang berarti masuk dalam kategori *slightly warm* (agak hangat) menurut ASHRAE-55 dan hasil PPD sebesar 36%.

Nilai PMV dan PPD kelas VI A

Perhitungan hasil PMV dan PPD untuk kelas VI A menggunakan data yang sudah diketahui yaitu temperatur (t_a) = 29,2°C, kelembaban (RH) = 74,6% dan temperatur radiasi (t_r) = 29,4°C. langkah pengerjaannya juga seperti sebelumnya. Berikut ini data-data yang diketahui untuk menghitung PMV dan PPD kelas VI A:

$$PMV = (0,303 \times e^{-0,036M} + 0,028) \times ((M - W) - H - E_c - C_{res} - E_{res})$$

$$= 0,91052$$

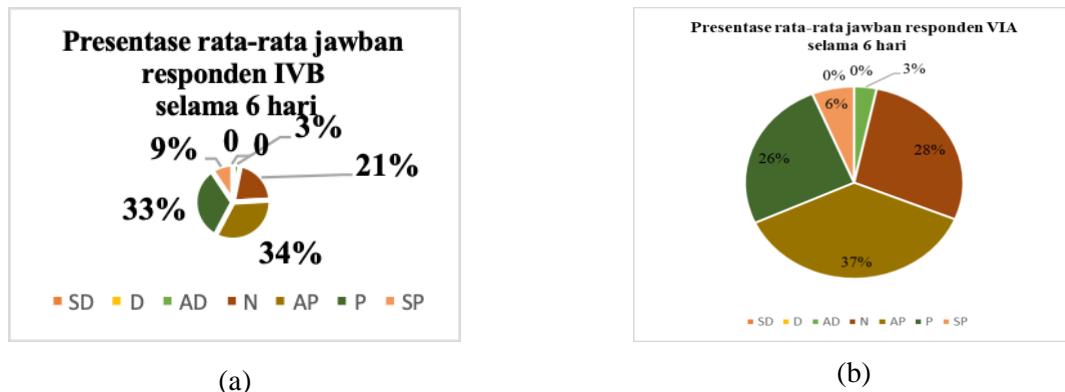
$$PPD = 100 - 95 \times e^{(-0,03353 \times PMV^4 - 0,2179 \times PMV^2)}$$

$$= 22,5\%$$

Jadi, untuk hasil PMV ruang kelas VI A sebesar 0,9 yang berarti masuk dalam kategori *slightly warm* (agak hangat) dan hasil PPD sebesar 22,5%.

Persepsi Siswa Terhadap Kondisi Termal

Data yang digunakan untuk mengetahui persepsi siswa kelas IV dengan rentang umur 9 hingga 10 tahun dan kelas VI dengan rentang umur 11-12 tahun terhadap kondisi termal ruang kelas adalah penyebaran kuesioner. Kuesioner terdiri dari 5 pertanyaan dengan 7 jawaban berdasarkan kategori *ASHRAE* (sangat dingin, dingin, agak dingin, netral, agak panas, panas, dan sangat panas). Pertanyaan 1 tentang temperatur ruang ketika awal masuk, pertanyaan 2 tentang kondisi aliran udara, pertanyaan 3 tentang perasaan (secara termal) ketika sedang belajar dikelas, pertanyaan 4 tentang perasaan (secara termal) terhadap pakaian yang dipakai dan pertanyaan 5 kondisi ruang kelas setelah istirahat. Berikut ini hasil kuesioner siswa kelas IV B dan VI A.



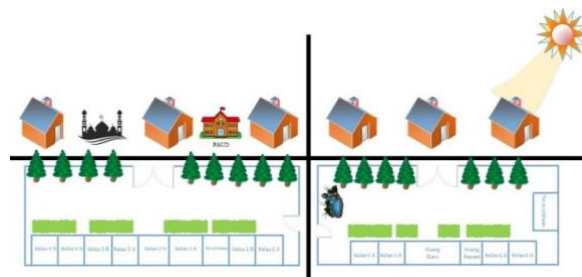
Gambar 6. a) Hasil kuesioner kelas IV B; b) Hasil kuesioner kelas VI A

Berdasarkan hasil pada gambar (a) total penjumlahan untuk jawaban SD, D, AD, N, dan AP sebesar 57,8% sedangkan 42,23% dari panas dan sangat panas. Hal ini berarti siswa merasa tidak nyaman pada kelas IV B sebesar 42,23%. Pada gambar (b) total hasil penjumlahan SD, D, AD, N, dan AP yaitu 67% sedangkan hasil P dan SP 33%.

Usulan Pengendalian Termal

Ruang kelas yang kurang nyaman bisa menjadi salah satu faktor yang menghambat konsentrasi siswa dalam belajar. Kondisi termal ruang kelas dapat berubah-ubah tergantung kondisi lingkungan sekitar oleh karena itu, untuk mengantisipasi kondisi termal yang panas maka diperlukan adanya usulan pengendalian termal. Usulan yang dapat diberikan berupa penggantian atau penambahan kipas angin pada setiap ruang kelas. Penggantian kipas angin dilakukan ketika mulai mengalami kerusakan. Selain itu, kebersihan kipas angin perlu dijaga karena debu-debu menempel pada kipas angin juga mempengaruhi angin yang dihasilkan. Pembersihan kipas angin bisa dilakukan 3-4 minggu sekali. Penambahan kipas angin menjadi 2 atau bahkan 3 juga dapat dilakukan karena siswa yang berada di sisi kiri maupun kanan terkadang mengeluhkan panas akibat sedikit terkena kipas angin berbeda dengan siswa yang duduk dibawah kipas angin.

Hal lain yang bisa dilakukan adalah penambahan vegetasi. Jumlah vegetasi yang banyak mampu mengurangi panas matahari dan membuat lingkungan sekolah tampak sejuk. Selain jumlah vegetasi yang banyak tinggi rendahnya pohon yang ada disekitar juga berpengaruh terhadap kondisi termal sekolah.



Gambar 7. Ilustrasi penambahan vegetasi

Penambahan vegetasi diletakkan bagian halaman depan sepanjang area sekolah. Penambahan vegetasi ini khususnya di bagian barat karena jumlah vegetasi lebih sedikit dibanding bagian timur. Vegetasi yang bisa dipakai seperti pohon glodokan maupun pucuk merah. Jenis tanaman ini pilih karena memiliki akar yang tidak merusak *paving block* serta kemampuannya dalam menyerap karbondioksida (CO_2) [12]. Selain itu, pemilihan jenis tanaman ini juga mempertimbangkan lahan yang tersedia. Jarak penanaman antar pohon kurang lebih 2m dan jumlah pohon yang ditanam sekitar 15 buah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dapat disimpulkan rata-rata pengukuran temperatur ruang kelas IV B selama 6 hari sebesar 29.2°C, kelembaban 74.6% dan kecepatan angin 0 m/s. Sementara itu, ruang kelas VI A rata-rata temperatur yang dihasilkan sebesar 28.7°C, kelembaban 75.5% dan kecepatan angin 0 m/s. Hasil PMV untuk ruang kelas IV B masuk dalam kategori *slightly warm* (agak hangat) dengan nilai 1.2 berdasarkan standar *ASHRAE 55* dengan PPD sebesar 35.4%. Pada ruang kelas VI A hasil PMV juga berada pada *slightly warm* (agak hangat) dengan nilai 0.9 dan PPD sebesar 22.2%. Berdasarkan kuesioner persepsi siswa kelas IVB merasa tidak nyaman dengan hasil kuesioner 42% dan kelas VIA juga tidak nyaman dengan hasil 32%. Usulan yang bisa diberikan yaitu penambahan vegetasi seperti pucuk merah maupun glodokan, perawatan kipas angin minimal 3-4 minggu sekali, dan memaksimalkan bukaan jendela.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Aparicio-ruiz, E. Barbadilla-martín, J. Guadix, dan J. Munuzuri, "A field study on adaptive thermal comfort in Spanish primary classrooms during summer season," vol. 203, 2021, doi: 10.1016/j.buildenv.2021.108089.
- [2] Gunawan dan F. Ananda, "Aspek Kenyamanan Termal Ruang Belajar Gedung Sekolah Menengah Umum DI Wilayah Kecamatan Mandau," *J. Inovtek Polbeng*, vol. 7, no. 2, hal. 99–103, 2017.
- [3] R. Dwiyan dan A. Murni, "Kenyaman Termal Bangunan Sekolah Dasar Negeri (Studi Kasus : Sekolah Kenyaman Termal Bangunan Sekolah Dasar Negeri (Studi Kasus : Sekolah Dasar Negeri Ulujami 02 , Jakarta Selatan)," *J. Arsitektur, Bangunan, Lingkungan*, vol. 8, no. 2, hal. 75–80, 2019, doi: 10.22441/vitruvian.2018.v8i2.003.
- [4] L. S. Mahabella dan M. Abduh, "Kenyamanan Termal Bangunan Rumah Tinggal Kolonial Di Sekitar Alun- alun Merdeka Kota Malang," *Semin. Nas. Teknol. dan Rekayasa*, hal. 82–89, 2019.
- [5] H. Sujannah, A. Munir, dan H. Sawab, "Evaluasi kenyamanan termal Hana Cafe Darussalam, Banda Aceh," *J. Ilm. Mhs. Arsit. dan Perenc.*, vol. 3, no. 2, hal. 17–22, 2019.
- [6] Y. Hadi, T. Azaria, N. K. Putrianto, T. Oktiarso, dan S. Noya, "Analisis Kenyamanan Termal Ruang Kuliah," *J. Metris*, vol. 21, hal. 13–26, 2020.
- [7] F. Rusdhawan, "Upaya Peningkatan kenyamanan Termal Pada Bangunan Rumah Toko Atap Datar Menggunakan Skin dan Void," 2021.
- [8] P. K. Verma dan N. Netam, "Materials Today : Proceedings A Case Study on Thermal Comfort Analysis of School Building," *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, hal. 2–5, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.04.829.
- [9] A. Febiyani, "Konsep Smart Building Pada Kenyamanan Termal di Laboratorium Teknik," *J. Tek. Mesin*, vol. 13, no. 1, hal. 18–24, 2020.
- [10] ISO, "Ergonomics of The Thermal Environment — Analytical Determination And Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of The PMV And PPD Indices And Local Thermal Comfort Criteria," in *International Standard ISO 7730*, 2005, hal. 1–5.
- [11] S. Carlucci, S. Erba, L. Pagliano, dan R. De Dear, "Energy & Buildings ASHRAE Likelihood of Dissatisfaction : A new right-here and right-now thermal comfort index for assessing the Likelihood of dissatisfaction according to the ASHRAE adaptive comfort model," *Energy Build.*, vol. 250, hal. 1–10, 2021, doi: 10.1016/j.enbuild.2021.111286.
- [12] A. A. K. Krisnandika, N. Kohdrata, dan C. G. A. Semarajaya, "Identifikasi Tanaman Penyerap Pb di Tiga Ruas Jalan Kota Denpasar," *J. Arsit. Lansek.*, vol. 5, no. 2, hal. 225, 2019, doi: 10.24843/jal.2019.v05.i02.p10.