

Kaji Eksperimen Kenyamanan Termal dan Visual Pada Ruang Kelas LG 01 Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung

Raditya Yogaswara¹, Ary Surjanto², Muhamad Anda Falahuddin³, Neneng Nuryati⁴

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung

Email : raditya.yogaswara.tptu421@polban.ac.id

Email : arysurjanto@polban.ac.id

Email : m.andafalahuddin@polban.ac.id

²Jurusan Akuntansi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung

E-mail : neneng.nuryati@polban.ac.id

ABSTRAK

Kenyamanan termal dan visual merupakan aspek yang perlu diperhitungkan dalam pengaturan lingkungan ruang kelas untuk mendukung efektivitas kegiatan belajar mengajar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kenyamanan termal dan visual pada ruang kelas LG 01 Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung yang digunakan untuk perkuliahan, serta membandingkannya dengan standar baku. Metode penelitian menggunakan metode kuantitatif berupa pengukuran secara *in-situ* dan pendekatan kualitatif berupa penyebaran kuesioner kepada responden. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada siang dan sore hari ruang kelas tersebut sudah memenuhi standar kenyamanan termal yang ditetapkan, dengan nilai PMV (*Predicted Mean Vote*) didominasi pada rentang -0.5 hingga +0.5, dan PPD (*Percentage Person Dissatisfied*) berada pada rentang 1-10%. Hasil dari pengambilan data kenyamanan visual pada Ruang Kelas LG 01 belum memenuhi SNI 6197-2020 yang menyebutkan tingkat pencahayaan sebesar 250 Lux untuk ruang kelas. Namun hasil kuesioner menunjukkan dominasi kepuasan responden terhadap kondisi kenyamanan termal dan visual.

Kata Kunci

Kenyamanan Termal, Kenyamanan Visual, Ruang Kelas, SNI 03-6572-2001, SNI 6197-2020, PMV, PPD

Thermal and visual comfort are aspects that need to be taken into account in organizing the classroom environment to support the effectiveness of teaching and learning activities. This study aims to determine the level of thermal and visual comfort in the LG 01 classroom, Department of Refrigeration and Air Conditioning Engineering, Bandung State Polytechnic used for lectures, and compare it with established standards. The research method uses quantitative methods in the form of in-situ measurements and qualitative approaches in the form of distributing questionnaires to respondents. The results showed that during the day and evening the classroom has met the established thermal comfort standards, with PMV (Predicted Mean Vote) values dominated in the range -0.5 to +0.5, and PPD (Percentage Person Dissatisfied) is in the range 1-10%. The results of visual comfort data collection in Classroom LG 01 have not met SNI 6197-2020 which states a lighting level of 250 Lux for classrooms. But the results of the questionnaire showed the dominance of respondents' satisfaction with thermal and visual comfort conditions.

Keywords

Thermal Comfort, Visual Comfort, SNI 03-6572-2001, SNI 6197-2020, PMV, PP

1. PENDAHULUAN

Beberapa bangunan di institusi pendidikan mendapat perlakuan yang relatif kurang tepat dalam menjaga keadaan terutama ruang kelas agar dirasa nyaman saat kegiatan belajar mengajar. Mahasiswa dapat merasa tidak nyaman, lelah dan menurun konsentrasinya karena tingkat kenyamanan ruang tidak berjalan dengan optimal. Hal ini tentu akan berdampak serius pada proses pembelajaran jika dilakukan secara kontinu.

Kenyamanan visual adalah persepsi seseorang terhadap kualitas pencahayaan yang mendukung aktivitas tanpa menimbulkan gangguan. Paparan pencahayaan alami yang

terlalu sedikit atau terlalu banyak dapat memengaruhi kemampuan mahasiswa untuk beradaptasi secara nyaman dengan kondisi ruangan.

Kenyamanan termal berperan penting dalam menciptakan kondisi ruang kelas yang mendukung aktivitas belajar. Hal tersebut sangat berpengaruh bagi mahasiswa dalam menunjang proses belajar mengajar yang dilakukan di ruang kelas tersebut. Tingkat kenyamanan termal yang baik tidak hanya mempengaruhi kondisi fisik, tetapi juga berperan pada kinerja kognitif, konsentrasi dan produktivitas dari mahasiswa sesuai dengan ekspektasi yang dicapainya.

Kenyamanan termal dapat tercapai jika telah memenuhi standar yang telah ditetapkan. SNI 03-6572-2001

menyatakan bahwa kenyamanan di daerah tropis dapat dikategorikan menjadi 3 kategori yaitu Sejuk nyaman, antara temperatur efektif 20,5 – 22,8°C, Nyaman optimal, antara temperatur efektif 22,8 – 25,8°C, Hangat nyaman, antara temperatur efektif 25,8 – 27,1°C

SNI 03-6572-2001 juga menyatakan kelembapan udara relatif untuk daerah tropis adalah 40%-50%, namun untuk kelembapan udara relatif pada ruangan dengan jumlah orang yang padat seperti ruang pertemuan dapat ditoleransi hingga 55%-60%. Penelitian ini akan menggunakan metode PMV (*Predicted Mean Vote*) dan PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*) dalam menganalisis tingkat kenyamanan termal. PMV merupakan sebuah indeks yang digunakan untuk memprediksi nilai rata-rata suara sensasi termal berdasarkan persepsi yang dilaporkan(1). Sedangkan, PPD adalah indeks yang menetapkan prediksi kuantitatif persentase orang yang tidak puas secara termal yang ditentukan dari PMV(1).

Kondisi dan keadaan ruangan yang nyaman dalam aspek termal dan visual dapat menimbulkan persepsi, sensasi dan preferensi yang dirasakan oleh mahasiswa ketika kegiatan belajar mengajar sedang berlangsung saat di pagi, siang dan sore hari.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal didefinisikan sebagai suatu kondisi psikologis yang mencerminkan tingkat kepuasan individu terhadap lingkungan termal di sekitarnya. Konsep ini mencakup tiga aspek utama, yaitu aspek fisik, fisiologis, dan psikologis (ASHRAE, 1966; ISO 7730, 2005), yang dijelaskan sebagai berikut : Aspek fisik dari kenyamanan termal berkaitan dengan interaksi antara berbagai parameter lingkungan seperti temperatur udara, kelembapan relatif, kecepatan aliran udara, temperatur radiasi, serta panas yang dihasilkan oleh aktivitas metabolisme tubuh. Aspek fisiologis ditentukan oleh respons tubuh manusia terhadap lingkungan termal, yang mencakup temperatur internal tubuh, temperatur permukaan kulit, serta tingkat produksi keringat. Aspek psikologis merujuk pada persepsi individu terhadap kenyamanan yang dirasakan dalam lingkungan termal tertentu, yang dipengaruhi oleh kondisi mental dan pengalaman subjektif terhadap temperatur lingkungan.(2)

2.1.1 Temperatur Udara

Temperatur udara merupakan faktor yang paling berpengaruh dalam kenyamanan termal. Manusia bisa dikatakan nyaman jika temperatur tubuh sekitar 37%. Temperatur merupakan suatu ukuran dingin atau panasnya keadaan. (3)

Tabel 1. Standar Baku Temperatur Udara

| Standar Baku | Keterangan |
|------------------|------------------|
| SNI 03-6572-2001 | 20,5°C - 27,1 °C |

2.1.2 Kelembapan Relatif Udara

Kelembapan udara adalah jumlah uap air di udara, sedangkan kelembapan relatif adalah perbandingan jumlah uap air di udara dengan jumlah uap air maksimum yang dapat ditampung di udara pada suatu temperatur tertentu. (4) Udara akan terasa semakin lembab seiring dengan peningkatan jumlah uap air. Untuk mencapai kenyamanan termal yang sesuai, kelembapan udara juga sangat penting. Udara yang lembab dapat menghambat proses penguapan keringat dan menghambat pelepasan panas

Tabel 2. Standar Baku Kelembapan Relatif Udara

| Standar Baku | Keterangan |
|------------------|---|
| SNI 03-6572-2001 | 40%-50% (tropis) 55%-60% (ruangan padat) |

2.1.3 Kecepatan Udara

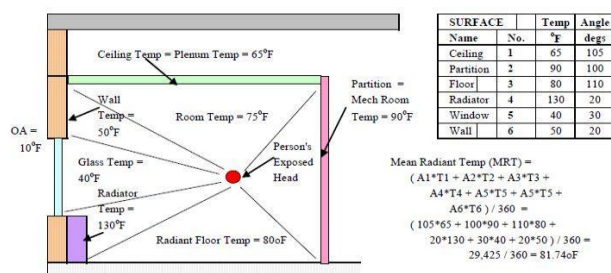
Angin adalah udara yang bergerak akibat adanya perbedaan tekanan. Ini terjadi karena ada pergeseran udara bertekanan tinggi ke udara bertekanan rendah, dan tempat yang dingin memiliki tekanan udara yang lebih tinggi, sehingga arus angin bergerak dari tempat yang dingin ke tempat yang panas. (5)

Tabel 3. Standar Baku Kecepatan Udara

| Standar Baku | Keterangan |
|------------------|------------|
| ASHRAE 55 (2017) | <0,20 m/s |
| SNI 03-6572-2001 | >0,15 m/s |

2.1.4 Temperatur Radiasi Rata-Rata

Temperatur radiasi merupakan temperatur yang dihasilkan oleh panas yang ditimbulkan radiasi. Temperatur radiasi dihasilkan oleh radiasi matahari untuk ruang luar. Temperatur radiasi juga berasal dari panas yang dijebak, dihasilkan, atau dipancarkan oleh suatu objek. Dalam melepas atau menerima panas dari lingkungan temperatur radiasi memiliki kemampuan lebih besar daripada temperatur udara. Desain arah bangunan sangat mempengaruhi besaran temperatur radiant yang dihasilkan karena paparan sinar matahari yang berbeda-beda tergantung kea rah mana bangunan menghadap. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar yang dikutip dari Stephens (2016)



Gambar 1. Persamaan untuk mencari nilai rata-rata temperatur radiasi

Gambar 1 menunjukkan bahwa temperatur radiasi adalah radiasi panas yang tersimpan dalam sebuah ruangan dengan panas yang berbeda dari panas sekitar atau lingkungannya. Hal tersebut terjadi pada sebuah bangunan yang terpapar langsung sinar matahari sehingga memungkinkan temperatur bangunan lebih tinggi daripada lingkungannya.

Temperatur radiasi juga merupakan bentuk pertukaran energi yang cukup penting.

$$MRT = (A_1 \times T_1) + (A_2 \times T_2) + (A_3 \times T_3) + (A_4 \times T_4) + (A_5 \times T_5) + \dots + (A_n \times T_n) / 360 \quad (1)$$

Keterangan :

MRT = Temperatur Radiasi Rata-Rata (°C)

A = Sudut Dinding (°)

T = Temperatur (°C)

Temperatur radiasi akan digunakan nantinya untuk menghitung temperatur operatif. Persamaan temperatur operatif berdasarkan ASHRAE 55 (2017) adalah:

$$t_0 = A \cdot t_a + (1 - A) \cdot t_r \quad (1)$$

Keterangan :

t₀ = Temperatur Operatif (°C)

t_a = Temperatur Udara (°C)

t_r = Mean Radiant Temperature (°C)

A = kecepatan udara (m/s)

Tabel 4. Nilai A

| V _a | <0,2 m/s | 0,2-0,6 m/s | 0,6-1 m/s |
|----------------|----------|-------------|-----------|
| A | 0,5 | 0,6 | 0,7 |

2.1.5 Tingkat Metabolisme

Respon yang diterima tentang kenyamanan termal di lingkungannya berbeda-beda termasuk dari banyaknya aktivitas yang dikerjakan (2). Metabolisme tubuh akan ditingkatkan oleh beberapa aktivitas yang dilakukan. Semakin banyak manusia yang melakukan aktivitas fisik, maka semakin banyak panas yang dihasilkan. Menurut ASHRAE 55 (2017), standar metabolisme 1,0 met hingga 1,3 met.

Tabel 5. Nilai Metabolisme

| Aktivitas | Met |
|-----------------|-----|
| Membaca, duduk | 1,0 |
| Menulis | 1,0 |
| Duduk tenang | 1,0 |
| Mengetik | 1,1 |
| Berdiri, rileks | 1,2 |
| Berjalan | 1,7 |

2.1.6 Insulasi Pakaian

Kenyamanan termal sangat dipengaruhi oleh efek insulasi pakaian yang dikenakan (2). Karena pakaian memengaruhi proses pelepasan panas tubuh, maka pakaian memengaruhi kenyamanan termal, insulasi pakaian diukur dengan satuan Clo. Nilai Clo standar untuk pakaian menurut ASHRAE 55 adalah 0,5-0,7 Clo. Cara untuk menghitung nilai Clo adalah dengan menjumlahkan nilai Clo setiap jenis pakaian, untuk nilai 1 Clo adalah 0,155 m²K/Watt.

Tabel 6. Nilai clo berdasarkan standar SNI 03-6572-2001

| Pakaian Luaran | Laki-Laki | Perempuan |
|----------------|-----------|-----------|
| Jaket ringan | 0,22 | 0,17 |
| Jaket berat | 0,49 | 0,37 |
| Sweater ringan | 0,2 | 0,17 |

| Sweater berat | 0,37 | 0,37 |
|-----------------------|-----------|-----------|
| Pakaian Atasan | Laki-Laki | Perempuan |
| Kemeja lengan pendek | | 0,14 |
| Kemeja lengan panjang | | 0,22 |
| Blus ringan | | 0,2 |
| Blus berat | | 0,29 |
| Kaos lengan pendek | | 0,081 |
| Kaos lengan panjang | | 0,09 |
| Pakaian Bawah | Laki-Laki | Perempuan |
| Celana ringan | 0,26 | 0,26 |
| Celana berat | 0,36 | 0,44 |
| Rok ringan | | 0,1 |
| Rok berat | | 0,22 |

Berdasarkan SNI 03-6572-2001 terdapat perhitungan nilai clo dengan menggunakan persamaan 2 dan 3.

Laki-Laki:

$$\text{Nilai clo} = 0,727 \cdot \sum (\text{masing} - \text{masing clo}) + 0,113 \quad (2)$$

Perempuan:

$$\text{Nilai clo} = 0,727 \cdot \sum (\text{masing} - \text{masing clo}) + 0,050 \quad (3)$$

2.2 Indeks Kenyamanan Termal

Penilaian terhadap kenyamanan termal umumnya dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu Predicted Mean Vote (PMV) dan Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD), proses perhitungan indeks melalui perangkat lunak CBE Thermal Comfort Tool.

Tabel 7. Nilai PMV dan PPD

| Standar Baku | PPD | PMV |
|------------------|-----|---------------|
| ASHRAE 55 (2017) | <10 | -0,5<PMV<+0,5 |

Berdasarkan Tabel 7, mengacu pada standar ASHRAE 55 (2017), kondisi termal dikategorikan nyaman apabila nilai Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) kurang dari 10%, dan nilai Predicted Mean Vote (PMV) berada dalam rentang antara -0,5 hingga 0,5. Apabila nilai PMV dan PPD berada di luar batas tersebut, maka kondisi termal ruang dinyatakan tidak nyaman.



Gambar 2. Tampilan CBE Thermal Comfort

Gambar 2 merupakan tampilan pada *software CBE Thermal Comfort* untuk mencari nilai PMV dan PPD.

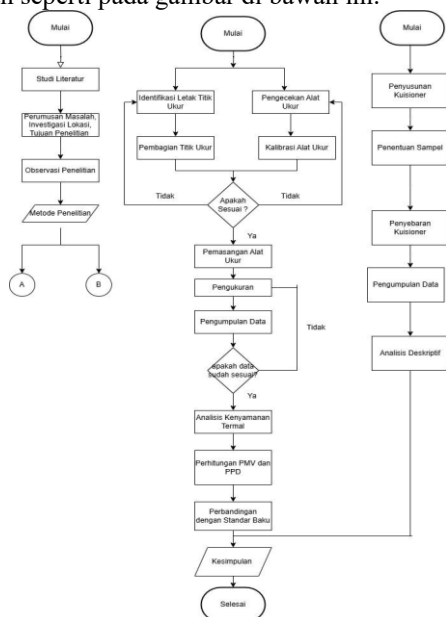
2.3 Kenyamanan Visual

Salah satu faktor yang memengaruhi kenyamanan visual suatu ruangan adalah pencahayaan; pencahayaan yang tidak memenuhi standar dapat menjadi salah satu penyebab produktifitas kerja yang optimal. (6). Sesuai dengan standar SNI 03-6197-2020, ditetapkan kuat pencahayaan pada ruang kelas normal adalah sebesar 250 Lux (7).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Langkah-langkah Penelitian

Untuk mempermudah pengerjaan tugas akhir, dibuat diagram alir (*flow chart*) yang menjelaskan tahapan-tahapan penelitian seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Flowchart Penelitian

3.2 Objek Penelitian

Objek yang diteliti adalah Kelas LG Ruang 01 yang berada di lantai 2 Bengkel Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Ruang Kelas LG 01

3.3 Alat Ukur yang Digunakan

Berikut adalah alat ukur yang digunakan saat melakukan proses pengambilan data

1. *5 in 1 Environment meter.*

5 in 1 Environment meter merupakan alat yang memiliki 5 kombinasi fungsi sekaligus yaitu pengukuran suara, kecepatan udara, temperatur, cahaya dan kelembapan udara.



Gambar 5. *5 in 1 Environment Meter*

2. *Thermogun*

Thermogun adalah alat ukur yang menggunakan pancaran sinar radiasi Infra merah ke objek yang akan diukur kemudian mengubahnya menjadi energi Listrik yang ditampilkan pada layar, sehingga tidak perlu untuk menyentuh objek tersebut.



Gambar 6. *Thermogun*

3.4 Metode Pengambilan Data

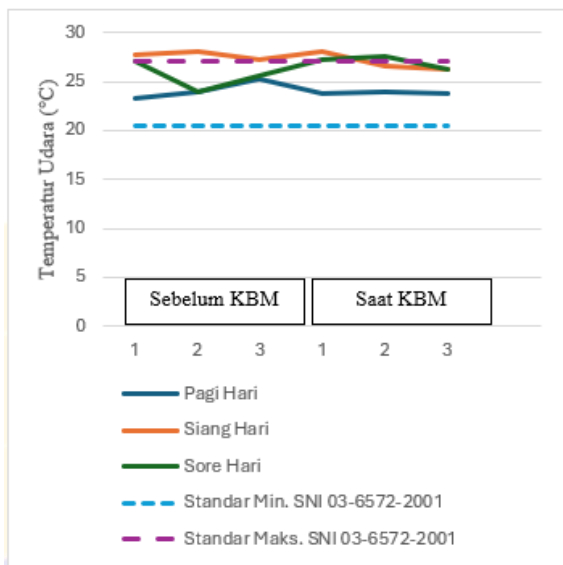
Data primer diperoleh melalui observasi lapangan, diukur langsung dan melalui kuesioner. Data primer yang dimaksud adalah temperatur udara, *mean radiant temperature*, kelembapan relative (RH), kecepatan angin, insulasi pakaian, nilai metabolisme, tingkat pencahayaan dalam bentuk kuesioner kenyamanan termal dan visual.

Tabel 8. *Parameter Pengambilan Data Primer*

| Data Primer | Parameter | Cara |
|--------------------------|---|--|
| Objektif (Pengukuran) | Temperatur Udara | Pengukuran secara langsung dan perhitungan |
| | Kelembapan | |
| | Kecepatan Udara | |
| | Temperatur Radiasi Tingkat Pencahayaan | |
| Subjektif (Kuesioner) | Identitas Responden | Penyebaran kuesioner |
| | Insulasi Pakaian | |
| | Metabolisme | |
| | Pertanyaan terkait kenyamanan | |

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

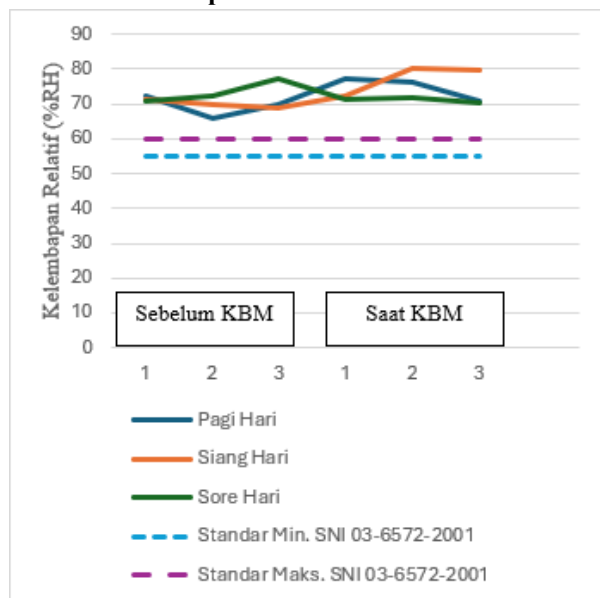
4.1 Temperatur Udara



Gambar 7. Grafik Temperatur Udara

Gambar 7 menampilkan nilai rata-rata temperatur udara di Ruang Kelas LG 01. Faktor cuaca saat pengambilan data mempengaruhi fluktuasi temperatur udara. Jika dibandingkan dengan standar SNI 03-6572-2001, yang menetapkan kisaran ideal antara 20,5°C hingga 27,1°C. Temperatur pagi hari sebelum dan sesudah KBM telah memenuhi standar, sedangkan pada kondisi siang dan sore hari sebelum dan saat adanya KBM ada yang sesuai dan ada yang tidak sesuai dengan standar.

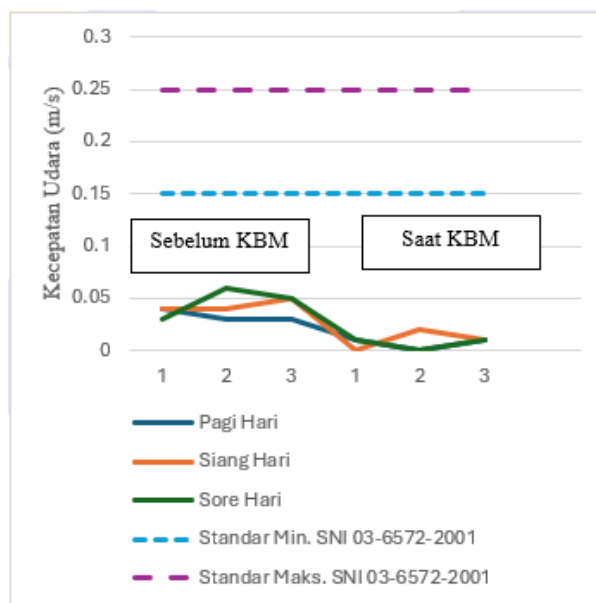
4.2 Kelembapan Relatif



Gambar 8 Grafik Kelembapan Relatif

Gambar 8. menampilkan rata-rata nilai kelembapan relatif udara di Ruang Kelas LG 01. Jika dibandingkan dengan standar SNI 03-6572-2001, yang menetapkan kisaran ideal antara 55% hingga 60%. Kelembapan pagi, siang dan sore hari sebelum dan saat KBM tidak sesuai dengan standar.

4.3 Kecepatan Udara



Gambar 9 Grafik Kecepatan Udara

Gambar 9. menampilkan nilai rata-rata kecepatan udara di Ruang Kelas LG 01. Jika dibandingkan dengan standar SNI 03-6572-2001, yang menetapkan kisaran ideal antara 0,15 m/s hingga 0,2 m/s. Kecepatan udara pagi, siang dan sore hari sebelum dan saat adanya KBM tidak sesuai dengan standar karena nilainya berada dibawah 0,15 m/s.

4.4 Temperatur Radiasi

| MRT DAN TEMPERATUR OPERATIF PAGI HARI | | | | | |
|--|---------|--------------------|----------|---------------------|-----------------------|
| Tanggal | Cuaca | Temp. Ruangan (°C) | MRT (°C) | Temp. Operatif (°C) | Temp. Lingkungan (°C) |
| 17 Februari 2025 | Cerah | 23.34 | 24.47 | 24.16 | 31 |
| 18 Februari 2025 | Cerah | 23.98 | 24.71 | 24.32 | 31 |
| 25 Februari 2025 | Cerah | 25.27 | 24.22 | 24.02 | 31 |
| Rata - Rata | | 24.20 | 24.47 | 24.17 | 31.00 |
| MRT DAN TEMPERATUR OPERATIF SIANG HARI | | | | | |
| Tanggal | Cuaca | Temp. Ruangan (°C) | MRT (°C) | Temp. Operatif (°C) | Temp. Lingkungan (°C) |
| 17 Februari 2025 | Cerah | 28.09 | 25.82 | 26.89 | 31 |
| 18 Februari 2025 | Mendung | 26.53 | 24.48 | 25.84 | 31 |
| 25 Februari 2025 | Mendung | 26.31 | 25.26 | 25.69 | 31 |
| Rata - Rata | | 26.98 | 25.19 | 26.14 | 31.00 |
| MRT DAN TEMPERATUR OPERATIF SORE HARI | | | | | |
| Tanggal | Cuaca | Temp. Ruangan (°C) | MRT (°C) | Temp. Operatif (°C) | Temp. Lingkungan (°C) |
| 17 Februari 2025 | Cerah | 27.3 | 25.69 | 26.54 | 31 |
| 18 Februari 2025 | Cerah | 27.48 | 25.14 | 25.98 | 31 |
| 25 Februari 2025 | Cerah | 27.9 | 25.07 | 26.58 | 31 |
| Rata - Rata | | 27.56 | 25.30 | 26.37 | 31.00 |

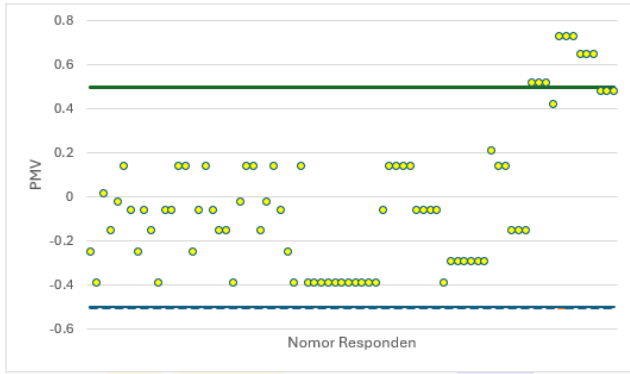
Gambar 10. Nilai Temperatur Radiasi, Temperatur Operatif

Gambar 10 menampilkan rata-rata nilai temperatur udara, temperatur radiasi rata-rata (MRT), dan nilai temperatur operatif di Ruang Kelas LG 01.

4.5 Indeks Kenyamanan Termal

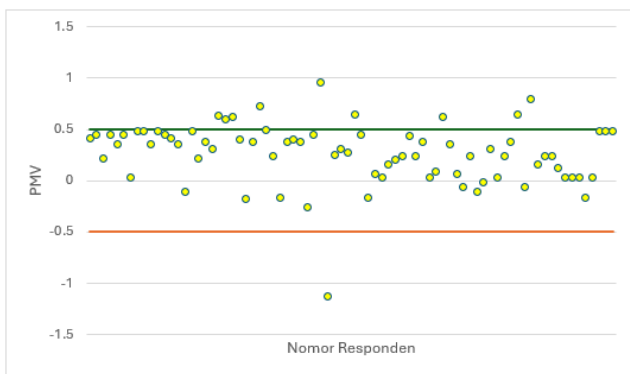
4.5.1 Nilai PMV Pagi Hari

Nilai PMV yang tidak sesuai dengan standar baku akan berpengaruh terhadap sensasi termal setiap orang. Gambar 11 menunjukkan nilai PMV pada pagi hari rata – rata berada pada batas standar PMV yaitu diatas -0.5 dan dibawah 0.5.



Gambar 11. Grafik Nilai PMV Pagi Hari

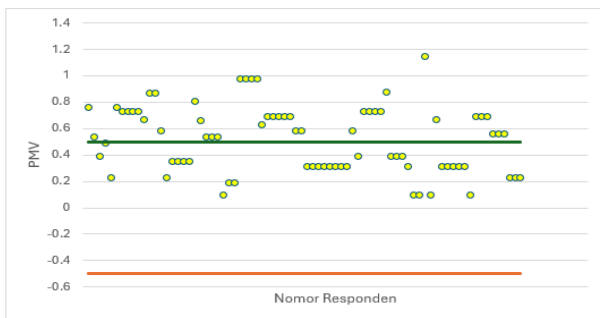
4.5.2 Nilai PMV Siang Hari



Gambar 12. Grafik Nilai PMV Siang Hari

Nilai PMV yang tidak sesuai dengan standar baku akan berpengaruh terhadap sensasi termal setiap orang. Gambar 12 menunjukkan nilai PMV pada siang hari rata – rata berada pada batas standar PMV yaitu diatas -0.5 dan dibawah 0.5.

4.5.3 Nilai PMV Sore Hari



Gambar 13. Grafik Nilai PMV Sore Hari

Nilai PMV yang tidak sesuai dengan standar baku akan berpengaruh terhadap sensasi termal setiap orang. Gambar 13 menunjukkan nilai PMV pada sore hari rata – rata berada diluar batas standar PMV yaitu diatas 0.5.

4.5.4 Nilai PPD Pagi Hari



Gambar 14. Grafik Nilai PPD Pagi Hari

Nilai PPD yang tinggi menandakan tingkat ketidaknyamanan yang meningkat. Gambar 14 menunjukkan nilai PPD pagi hari di Ruang Kelas LG 01 rata-rata berada pada batas standar, yaitu dibawah 10%.

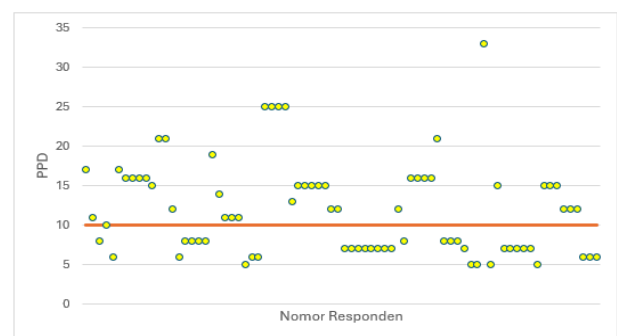
4.5.5 Nilai PPD Siang Hari



Gambar 15. Grafik Nilai PPD Siang Hari

Nilai PPD yang tinggi menandakan tingkat ketidaknyamanan yang meningkat. Gambar 15 menunjukkan nilai PPD pagi hari di Ruang Kelas LG 01 rata-rata berada pada batas standar, yaitu dibawah 10%.

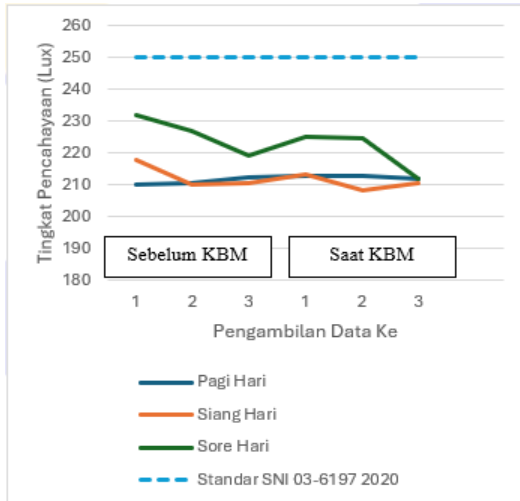
4.5.6 Nilai PPD Sore Hari



Gambar 16. Grafik Nilai PPD Sore Hari

Nilai PPD yang tinggi menandakan tingkat ketidaknyamanan yang meningkat. Gambar 16 menunjukkan nilai PPD pagi hari di Ruang Kelas LG 01 rata-rata berada diatas batas standar, yaitu diatas 10%.

4.6 Tingkat Pencahayaan



Gambar 6. Grafik Tingkat Pencahayaan
Berdasarkan Gambar 17 terlihat bahwa tingkat pencahayaan di Ruang Kelas LG 01 berada di bawah standar SNI 6197-2011 karena berada dibawah 250 Lux.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Rata-rata temperatur pagi dan sore hari sebelum dan saat belajar masuk kategori nyaman optimal sesuai SNI-03-6572-2001, sedangkan siang hari sebelum belajar tidak sesuai standar dan saat belajar masuk kategori hangat nyaman. Kelembapan relatif dan kecepatan udara pada pagi, siang, dan sore hari, baik sebelum maupun saat belajar, tidak sesuai dengan SNI-03-6572-2001.
2. Sensasi kenyamanan termal berdasarkan PMV dan PPD menunjukkan:
 - a. Pagi hari, PMV -0,015 dan PPD 7,24% — memenuhi standar ASHRAE 55-2017.
 - b. Siang hari, PMV 0,27 dan PPD 8,23% — memenuhi standar ASHRAE 55-2017.
 - c. Sore hari, PMV 0,52 dan PPD 11,91% — tidak memenuhi standar ASHRAE 55-2017.
3. Tingkat pencahayaan rata-rata pada pagi, siang, dan sore hari, sebelum dan saat belajar di ruang kelas LG 01, berada di bawah standar SNI 03-6197-2020 (500 Lux).

5.2 Saran

1. Melakukan pengukuran ganda (*double measuring*) guna memperoleh data yang lebih rinci dan presisi, sehingga dapat meningkatkan keakuratan hasil serta mempermudah proses analisis secara keseluruhan.
2. Evaluasi secara berkala terhadap data hasil pengukuran pada setiap kondisi sangat dianjurkan, khususnya setelah setiap tahapan pengambilan data, untuk menjamin konsistensi, validitas, dan integritas hasil penelitian.

3. Mengingat sebagian hasil penelitian bersifat kualitatif, maka terdapat potensi subjektivitas yang dapat dipengaruhi oleh opini pribadi serta kondisi fisik dan psikologis responden. Oleh karena itu, penggunaan metode triangulasi data atau penambahan jumlah responden sangat disarankan untuk meningkatkan objektivitas dan akurasi hasil.
4. Kondisi jendela pada ruangan penelitian yang tidak dapat dibuka memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel lingkungan seperti temperatur udara, kecepatan udara, kelembapan udara, serta intensitas pencahayaan (Lux). Oleh karena itu, penggantian jendela dengan tipe yang dapat dibuka dan ditutup sesuai kebutuhan sangat direkomendasikan guna memungkinkan sirkulasi udara alami yang lebih optimal.
5. Penggunaan pencahayaan buatan (lampu) sangat diperlukan, mengingat intensitas pencahayaan alami yang masuk ke dalam ruangan berada di bawah ambang batas minimal yang disyaratkan, yakni 100 Lux. Penambahan sistem pencahayaan buatan akan membantu memenuhi standar kenyamanan visual yang berlaku.
6. Berdasarkan hasil uji kualitatif, penggunaan sistem pengkondisian udara (AC) selama kegiatan belajar mengajar tidak menjadi suatu keharusan, mengingat ventilasi alami telah memberikan tingkat kenyamanan termal yang memadai. Namun demikian, penggunaan sistem tersebut tetap dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan kecepatan aliran udara, temperatur dan kelembapan relatif sehingga parameter kenyamanan termal dapat terpenuhi secara kuantitatif sesuai standar yang ditetapkan

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Bandung atas pendanaan dan dukungan yang diberikan dalam penelitian ini, serta kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaannya.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASHRAE. ANSI/ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ASHRAE J. 2017;7:1–x.
2. Aienna O, Adyatma S, Arisanty D. Kenyamanan termal ruang kelas di sekolah tingkat SMA Banjarmasin Timur. J Pendidik Geogr. 2016;3(3):1–12. Available from: <http://ppjp.unlam.ac.id/journal/index.php/jpg>
3. Duminggu PA. Kenyamanan termal siswa pada ruang belajar (Studi kasus: Sekolah Menengah Atas Negeri 08 Gowa) (Undergraduate thesis). Makassar: Universitas Hasanuddin; 2020.
4. Larasati NS, Setyowati S. Identifikasi kenyamanan termal ruang kelas pada bangunan Sekolah Menengah Atas (Studi kasus: SMA Muhammadiyah Kudus). In: Pros Sem Ilm Arsit (SIAR). Surakarta: Universitas Muhammadiyah

- Surakarta; 2023. 1:239–46. Available from:
<https://proceedings.ums.ac.id/siar/article/view/2884>
5. Deris R, Eka W. Identifikasi faktor lingkungan kenyamanan termal pada ruang aula di Gedung Ruang Kreatif Ahmad Djuhana Cirebon. *J Arsit*. 2023;15(1):5–10. doi:10.59970/jas.v15i1.49
 6. Maulana A, Purnomo A. Kenyamanan termal dan kenyamanan visual berdasarkan standar pada ruang kuliah prodi pendidikan. In: *Pros Sem Pendidik Kejur dan Tek Sipil (SPKTS)*. 2024;2:TS16–21. Available from:
<https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/spkts>
 7. Suwarlan SA, Kenyamanan E. Evaluasi kenyamanan visual pada pencahayaan ruang kelas melalui simulasi komputansi arsitektur digital. *J Arsit ARCADE*. 2021;5(2):165. doi:10.31848/arcade.v5i2.667