

Kaji Eksperimental Kenyamanan Termal dan Visual Pada Ruang Kelas di Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung

Resti Fitri Andriyani¹, Ary Surjanto², Luga Martin Simbolon³, Neneng Nuryati⁴

^{1,2,3}Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung

¹E-mail : resti.fitri.tptu420@polban.ac.id

²E-mail : arysurjanto@polban.ac.id,

³E-mail : lugamartin@polban.ac.id

⁴Jurusan Akuntansi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung

⁴E-mail : neneng.nuryati@polban.ac.id

ABSTRAK

Ruang kuliah merupakan ruangan yang sangat penting dan sangat aktif digunakan dalam mendukung kegiatan studi pada Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara. Kenyamanan pada ruang kelas mempengaruhi tingkat fokus dan konsentrasi mahasiswa dalam kegiatan belajar mengajar di ruang kelas. Metode penelitian menggunakan kuantitatif berupa pengukuran secara langsung dan penyebaran kuesioner kepada responden. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter yang menjadi faktor kenyamanan termal dan visual. Mendapatkan hasil sensasi kenyamanan termal ketika berada di ruang kelas 302 dan mendapatkan nilai tingkat pencahayaan alami pada ruang kelas 302. Hasil dari penelitian ini adalah. Temperatur rata-rata sesudah pemasangan kaca film pada kondisi siang hari tidak sesuai dengan standar SNI-6572-2001. Kelembaban udara setelah pemasangan kaca film sesuai dengan standar SNI-6572-2001. Kecepatan udara sebelum dan sesudah pemasangan kaca film tidak sesuai dengan standar SNI-03-6572-2001. Sensasi kenyamanan termal ketika berada di ruang kelas berdasarkan perhitungan PMV dan PPD sensasi yang dirasakan pada ruang kelas pada pagi hari 88% berdasarkan responden adalah sedikit hangat dan 12 % netral. Sedangkan pada kondisi siang hari 95% merasakan sensasi sedikit hangat dan 5% merasakan sensasi hangat. Tingkat pencahayaan sebagai faktor kenyamanan visual setelah pemasangan kaca film mengalami penurunan tetapi tetap di atas nilai standar SNI-6197-2020.

Kata Kunci

Kenyamanan Termal, Kenyamanan Visual, SNI-03-6572-2001, SNI-03-6197-2020.

ABSTRACT

The lecture room is a very important room and is very actively used in supporting study activities at the Department of Refrigeration and Air Conditioning Engineering. Comfort in the classroom affects the level of focus and concentration of students in teaching and learning activities in the classroom. The research method uses quantitative in the form of direct measurement and distribution of questionnaires to respondents. This study aims to obtain parameters that factor into thermal and visual comfort. Get the results of thermal comfort sensation when in the classroom 302 and get the value of the level of natural lighting in the classroom 302. The results of this research are. The average temperature after the installation of window film in daytime conditions is not in accordance with SNI-6572-2001 standards. Air humidity after the installation of window film is in accordance with SNI-6572-2001 standards. Air velocity before and after the installation of window film is not in accordance with the SNI-03-6572-2001 standard. Sensation of thermal comfort when in the classroom based on the calculation of PMV and PPD sensation felt in the classroom in the morning 88% based on respondents is slightly warm and 12% neutral. While in daytime conditions 95% feel a slightly warm sensation and 5% feel a warm sensation. The lighting level as a visual comfort factor after the installation of window film has decreased but remains above the standard value of SNI-6197-2020.

Keywords

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

1. PENDAHULUAN

Politeknik Negeri Bandung memiliki beberapa jurusan yang ada di dalamnya serta masing-masing jurusannya mempunyai gedung kuliah yang berbeda-beda. Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara mempunyai gedung kuliah yang digunakan untuk kegiatan belajar mengajar. Ruang kuliah merupakan ruangan yang sangat penting dan sangat aktif digunakan dalam mendukung kegiatan studi pada Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara. Ruang kelas di Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara tidak menggunakan pendingin ruangan dan hanya mengandalkan ventilasi alami dari jendela, pintu dan celah-celahnya. Hal ini menyebabkan pengguna ruang kelas merasa tidak nyaman karena temperatur tinggi yang disebabkan oleh paparan langsung sinar matahari dari jendela dan kurangnya aliran udara. Dengan sirkulasi udara yang baik dan kenyamanan termal yang optimal, mahasiswa memiliki peluang lebih besar untuk tetap fokus dalam beraktivitas, dan hal ini mendukung kenyamanan aktivitas mereka.

Berdasarkan permasalahan di atas, Ruang Kelas 302 dapat dijadikan objek penelitian karena Ruang Kelas 302 merupakan ruang yang aktif digunakan bagi para mahasiswa, selain itu semakin banyak pengguna di dalam ruang kelas maka akan menimbulkan kenaikan temperatur dan dapat mempengaruhi kenyamanan termal pada ruang tersebut. Melihat kondisi ini maka dilakukannya penelitian untuk mengetahui sejauh mana tingkat kenyamanan termal pada ruang kelas 302 Gedung Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung.

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 pediksi kuantitatif persentase orang yang tidak puas secara termal yang ditentukan dari PMV [1]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisa kenyamanan termal di dalam ruangan. Sebagai pembanding akan digunakan selubung untuk mengetahui pengaruh terhadap kenyamanan termal di ruangan tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kenyamanan Termal

Kenyamanan merupakan tujuan penting dalam desain arsitektur. Ini meliputi dua aspek utama: kenyamanan psikologis dan kenyamanan fisik. Kenyamanan psikologis, seperti rasa aman, ketenangan, dan kebahagiaan, dinilai secara subjektif. Sebaliknya, kenyamanan fisik dapat diukur secara objektif dan mencakup aspek seperti kenyamanan spasial, visual, auditorial, dan termal. Kenyamanan termal, khususnya, menjadi fokus penting karena berkaitan dengan temperatur ruangan yang nyaman. Manusia merasakan panas atau dingin melalui sensor perasa di kulit yang mengirimkan sinyal ke otak, yang kemudian memberikan instruksi pada tubuh untuk mengatur temperatur agar tetap sekitar 37°C. Ini penting agar organ tubuh dapat berfungsi dengan baik. Dalam konteks bangunan, kenyamanan termal didefinisikan sebagai kondisi yang memberikan sensasi menyenangkan bagi penghuni. [2].

Kenyamanan termal merupakan keadaan pikiran yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan termal dan dinilai melalui evaluasi subjektif. [1]. Menurut standar [1] ada enam faktor utama yang harus diperhatikan ketika menentukan kenyamanan termal. Enam faktor utama tersebut adalah temperatur udara, kelembaban, kecepatan udara, temperatur radiasi rata-rata, tingkat metabolisme, dan insulasi pakaian.

2.1.1 Temperatur Udara

Batas kenyamanan termal untuk temperatur udara di daerah tropis, yang dinyatakan dalam temperatur efektif (TE), berkisar antara 19°C TE (batas bawah) hingga 26°C TE (batas atas) [3]. Umumnya, pada temperatur sekitar 26°C TE, manusia mulai merasa tidak nyaman. Antara temperatur 26°C TE hingga 30°C TE, daya tahan dan kemampuan proses manusia mulai menurun. Saat temperatur lingkungan mencapai 33,5°C TE hingga 35,5°C TE, dan bahkan lebih tinggi pada temperatur 35°C TE hingga 36°C TE, kondisi udara menjadi sangat tidak dapat diterima, dan lingkungan tersebut tidak lagi dapat ditoleransi. Kondisi udara yang tidak nyaman cenderung mengurangi produktivitas, seperti saat terlalu dingin atau terlalu panas. Sebaliknya, dalam kondisi temperatur yang nyaman (netral), produktivitas kerja manusia akan meningkat [4].

Tabel 1 Standar baku temperatur udara	
Standar Baku	Keterangan
SNI 03-6572-2001	20,5°C - 27,1 °C

2.1.2 Kelembaban Relatif Udara

Kelembaban relatif udara merupakan perbandingan kandungan/tekanan uap air aktual dengan keadaan saturasinya atau kemampuan udara untuk menahan uap air. Rasio jumlah maksimum uap air di udara dengan jumlah maksimum uap air di udara pada temperatur yang sama, dinyatakan sebagai persentase. Ketika temperatur udara meningkat, kelembaban relatif menurun. Kelembaban relatif maksimum adalah 100% [5].

Tabel 2 Standar baku kelembaban relatif udara	
Standar Baku	Keterangan
SNI 03-6572-2001	40% - 50% (tropis) 55% - 60 % (ruangan padat)

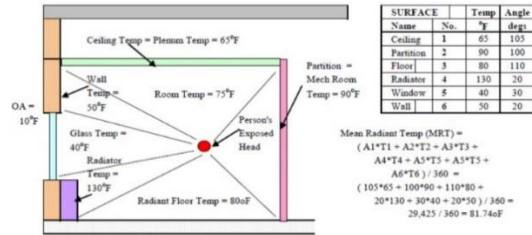
2.1.3 Kecepatan Udara

Kecepatan udara merujuk pada kecepatan rata-rata aliran udara di suatu titik dan waktu tertentu ketika bergerak secara horizontal. Kekurangan udara dalam ruangan menyebabkan penghuni merasa panas dan berkeringat, mengurangi kenyamanan mereka. Begitu juga, kecepatan udara yang terlalu tinggi dapat membuat penghuni merasa kedinginan dan mengganggu aktivitas mereka. Oleh karena itu, penting untuk mengatur kecepatan udara sesuai dengan standar agar penghuni merasa nyaman, tidak terlalu panas maupun terlalu dingin.

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 adalah panas yang dipancarkan oleh benda yang memancarkan panas. Dibandingkan dengan temperatur udara, temperatur radiasi memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap mengeluarkan atau menerima panas dari lingkungan [6]. Rata-rata temperatur radiasi adalah jumlah panas yang diterima oleh penghuni dari lingkungan dan yang dikeluarkan oleh penghuni ke lingkungan sekitar [1]. Metode untuk menentukan rata-rata temperatur radiasi melibatkan perkalian temperatur dengan luas permukaan sudutnya, arah bangunan merupakan salah satu faktor yang membuat besar radiasi berbeda.



Gambar 1 Persamaan untuk mencari nilai rata-rata temperatur radiasi

Gambar 1 merupakan persamaan untuk mencari nilai MRT. Seperti yang dapat dilihat pada gambar di atas untuk bagian ruangan yang menghasilkan panas untuk temperatur radiasi adalah langit-langit, partisi, lantai, jendela dan dinding. Perbedaan bentuk ruangan bisa membuat aspek-aspek yang berada di dalam ruangan pun berbeda sehingga setiap ruangan mempunyai permukaan sudut yang berbeda. Persamaan 1 adalah persamaan untuk mencari nilai MRT.

$$MRT = \frac{(A_1 \times T_1) + (A_2 \times T_2) + (A_3 \times T_3) + (A_4 \times T_4) + (A_5 \times T_5) + (A_6 \times T_6) + (A_7 \times T_7)}{360} \quad (1)$$

Keterangan:

MRT = Temperatur Radiasi Rata-Rata (°C)

A = Sudut Dinding (°)

T = Temperatur (°C)

Selanjutnya, temperatur radiasi ini akan digunakan untuk menghitung temperatur operatif. Persamaan 2 merupakan persamaan untuk mencari temperatur operatif sesuai dengan ASHRAE 55 (2017).

$$t_o = A t_a + (1 - A) \bar{t}_r \quad (2)$$

Keterangan:

t_o = Temperatur operatif (°C)

t_a = Temperatur udara (°C)

\bar{t}_r = Temperatur radiasi rata-rata (°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

Tingkat metabolisme adalah jumlah panas yang dihasilkan di dalam tubuh selama melakukan aktivitas. Semakin aktif seseorang, semakin banyak panas yang dihasilkan. Hal ini mengakibatkan kebutuhan untuk menghilangkan panas lebih banyak agar tubuh tidak mengalami

overheating. Metabolisme diukur dalam satuan MET (1 MET = 58 W/m² permukaan tubuh). Seorang dewasa normal memiliki permukaan kulit sekitar 1,7 m², dan seseorang yang nyaman secara termal dengan tingkat aktivitas 1 MET diperkirakan akan mengalami kehilangan panas sekitar 100 W. Dalam mengevaluasi tingkat metabolisme, penting untuk mempertimbangkan aktivitas manusia secara rata-rata dalam satu jam terakhir [6]. Untuk aktivitas yang dilakukan selama di kelas dan nilai metabolismenya berdasarkan standar SNI-03-6572-2001 dan ASHRAE 55 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Nilai Metabolisme Aktivitas di Kelas

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 kemampuan isolasi yang diberikan oleh pakaian yang kita pakai. Pakaian tersebut mengurangi laju pelepasan panas tubuh. Oleh karena itu, pakaian diklasifikasikan berdasarkan pada nilai insulasinya. Satuan umum yang digunakan untuk mengukur insulasi pakaian adalah Clo [6]. Untuk insulasi pakaian yang digunakan selama di kelas dan nilai clo berdasarkan standar SNI-03-6572-2001 dapat dilihat pada Tabel 6.

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 Bawahan	Laki-Laki	Perempuan
Celana ringan	0,26	0,26
Celana berat	0,36	0,44
Rok ringan		0,1
Rok berat		0,22

Berdasarkan standar SNI 03-6572-2001 setelah nilai clo ditambahkan sesuai dengan nilai insulasi pakaiannya lalu dihitung berdasarkan Persamaan 3 dan 4.

Laki-Laki:

$$\text{Nilai clo} = 0,727 \cdot \sum(\text{masing} - \text{masing clo}) + 0,113 \quad (3)$$

Perempuan:

$$\text{Nilai clo} = 0,727 \cdot \sum(\text{masing} - \text{masing clo}) + 0,050 \quad (4)$$

2.2 Indeks Kenyamanan Termal

Indeks kenyamanan termal menggunakan dua pendekatan, yakni PMV (*Predicted Mean Vote*) dan PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*), untuk menganalisis tingkat kenyamanan termal. Perkembangan ini telah menyederhanakan perhitungannya melalui perangkat lunak CBE *Thermal Comfort for ASHRAE 55*.

Tabel 7 Nilai PMV dan PPD

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

Berdasarkan Tabel 7 bahwa menurut standar ASHRAE 55 (2017) nilai PPD yang masuk dalam kategori nyaman adalah <10 dan untuk nilai PMV adalah -0,5 hingga 0,5. Jika nilai tersebut berada dibawah atau di atas standar maka ruangan tersebut dikategorikan tidak nyaman. Untuk mencari nilai PMV dan PPD dapat menggunakan perangkat lunak CBE *Thermal Comfort Tool for ASHRAE 55*.



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

Kenyamanan visual terjadi ketika seseorang merasa nyaman dan tidak mengalami gangguan terhadap apa yang mereka lihat, terutama terkait dengan tingkat pencahayaan di sekitar ruangan. Terdapat dua sumber pencahayaan yang berkontribusi pada kenyamanan visual, yaitu

cahaya alami dan cahaya buatan. Ruang kelas 302 Gedung Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung. Cahaya alami berasal dari sumber alam, seperti sinar matahari, sementara cahaya buatan diciptakan oleh manusia, seperti lampu. Lampu yang digunakan di Ruang kelas 302 Gedung Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung berfungsi sebagai alternatif saat kondisi cuaca di luar ruangan sangat gelap, misalnya saat mendung atau hujan [7]. Maka, sesuai dengan standar SNI, tingkat pencahayaan minimal yang disarankan untuk lembaga pendidikan, terutama ruang kelas, adalah sekitar 350 Lux.

2.2.1 Kaca Film

Kaca film digunakan untuk mengurangi dampak energi dari matahari dalam bentuk cahaya yang terlihat, radiasi sinar inframerah (yang memancarkan panas), dan radiasi ultraviolet (yang dapat memudahkan warna dan membahayakan kesehatan). Kaca film memiliki berbagai manfaat, termasuk estetika seperti membatasi pandangan dari luar ruangan untuk menjaga privasi, menolak panas matahari tanpa perlu menggunakan tirai konvensional, dan menyediakan kenyamanan visual di dalam ruangan, terutama pada siang hari, tanpa mengganggu pandangan pada malam hari. Dari segi keamanan, kaca film mampu menolak sinar UV yang berbahaya bagi kesehatan kulit [8].

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Observasi Awal

Sebelum memulai penelitian, observasi diperlukan untuk mengidentifikasi masalah yang mungkin timbul dalam penggunaan ruang kelas di Gedung Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung. Berdasarkan observasi tersebut, ditemukan bahwa ruang kelas 302 di Gedung Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung tidak memberikan kenyamanan termal yang memadai terkait dengan penggunaan jendela untuk ventilasi alami.

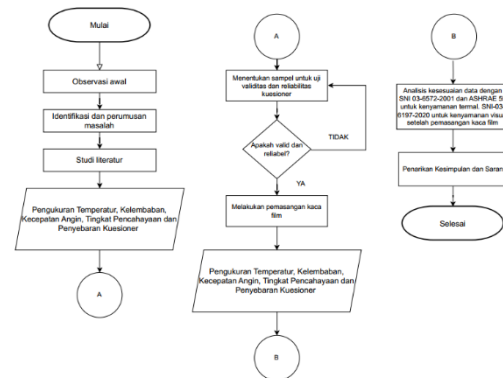
3.2 Identifikasi Masalah

Pada penelitian ini, identifikasi masalah berpusat pada kenyamanan termal dan visual bagi pengguna ruang kelas 302 di Gedung Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung. Tujuannya adalah mendapatkan parameter yang menjadi faktor kenyamanan termal dan visual di ruang kelas gedung Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung dan membandingkannya dengan

standar baku. Mendapatkan sensasi kenyamanan termal ketika di ruang kelas gedung Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung dan membandingkannya dengan standar baku. Mendapatkan tingkat pencahayaan alami di ruang kelas gedung Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung dan membandingkannya dengan standar baku.

3.3 Studi Literatur

Setelah permasalahan penelitian ditetapkan, langkah selanjutnya adalah melakukan penelusuran literatur untuk memahami dasar teoritis dan metodologi yang akan digunakan dalam penelitian.



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

3.4 Alat Ukur Yang Digunakan

Pengukuran temperatur, kelembaban, kecepatan udara dan tingkat pencahayaan dilakukan dengan menggunakan alat ukur digital yaitu *5 in 1 environment meter* sebagai alat ukur untuk temperatur, kelembaban, kecepatan udara dan *termogun* sebagai alat ukur temperatur radiasi.



Gambar 4 Alat Ukur Yang Digunakan

Dalam menganalisis kenyamanan termal dan visual, diperlukan pengukuran temperatur, kelembaban, kecepatan udara, dan tingkat

pencahayaan di dalam ruangan yang dihuni oleh sekitar 20 hingga 30 orang sebagai pengguna. Proses pengukuran dilakukan dalam dua zona waktu yang telah ditetapkan, sesuai dengan jadwal perkuliahan di ruang kelas 302 di Gedung Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung waktu tersebut terbagi menjadi dua periode, mulai dari pukul 08.00 hingga 10.00 WIB dan pukul 11.00 hingga 13.00 WIB. Pengukuran data dilakukan di 9 titik ukur, pada setiap titik ukurnya dilakukan pengukuran selama tiga menit. Penyebaran kuesioner dilakukan sebanyak dua kali pada pagi hari dan siang hari.

3.5 Pemasangan Kaca Film

Pemasangan kaca film pada ruang kelas dilakukan hanya pada kaca yang menghadap langsung ke luar ruangan karena cahaya matahari pada luar ruangan langsung masuk ke dalam ruangan sehingga membuat ruangan menjadi sangat terang. Persentase kegelapan kaca film yang digunakan pada ruang kelas 302 adalah kaca film dengan persentase 60%.



Gambar 5 Jendela Ruang Kelas 302

3.6 Metode Pengambilan Data Primer

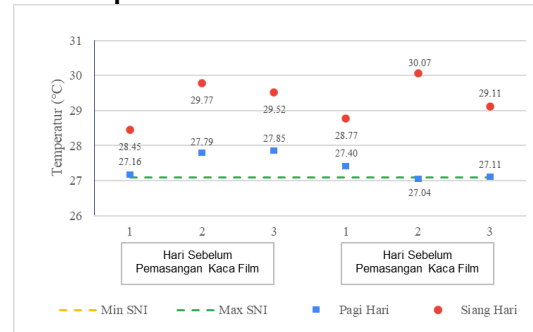
Data primer dalam penelitian ini berasal dari pengambilan data secara langsung di lapangan. Data ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu data objektif yang diperoleh melalui pengukuran, dan data subjektif yang diperoleh melalui kuesioner.

Tabel 8 Parameter Pengambilan Data Primer

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

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

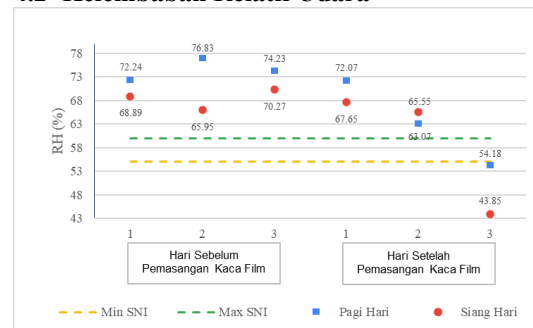
4.1 Temperatur Udara



Gambar 6 Grafik Temperatur Udara

Gambar 6 menampilkan nilai rata-rata temperatur udara di Ruang Kelas 302 pada pagi hari dan siang hari, baik sebelum pemasangan kaca film dan sesudah pemasangan kaca film. 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 pemasangan kaca film hampir mendekati standar, sedangkan pada kondisi siang hari sebelum dan sesudah pemasangan kaca film tidak sesuai dengan standar.

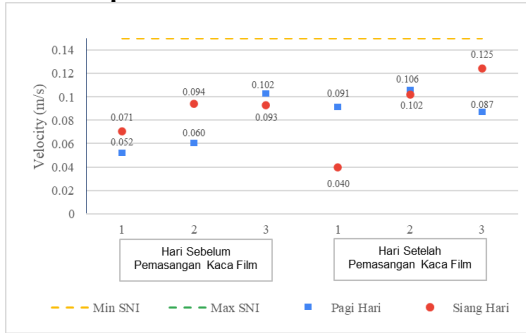
4.2 Kelembaban Relatif Udara



Gambar 7 Grafik Kelembaban Relatif Udara

Gambar 7 menampilkan rata-rata nilai kelembaban relatif udara di Ruang Kelas 302 pada pagi hari dan siang hari, baik sebelum pemasangan kaca film dan sesudah pemasangan kaca film. Jika dibandingkan dengan standar SNI 03-6572-2001, yang menetapkan kisaran ideal antara 55% hingga 60%. Kelembaban pagi hari sebelum dan sesudah pemasangan kaca film tidak sesuai dengan standar hanya pada satu hari saja setelah pemasangan kaca film yang sesuai dengan standar, sedangkan pada kondisi siang hari sebelum dan sesudah pemasangan kaca film tidak sesuai dengan standar.

4.3 Kecepatan Udara



Gambar 8 Grafik Kecepatan Udara

Gambar 8 menampilkan nilai rata-rata kecepatan udara di Ruang Kelas 302 pada pagi hari dan siang hari, baik sebelum pemasangan kaca film dan sesudah pemasangan kaca film. 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 hari dan siang hari sebelum dan sesudah pemasangan kaca film tidak sesuai dengan standar karena nilainya berada di bawah 0,15 m/s.

4.4 Temperatur Radiasi

Pada saat penentuan titik ukur temperatur radiasi atau MRT dilakukan terlebih dahulu penentuan sudut dari tapak samping ruangan kelas 302.

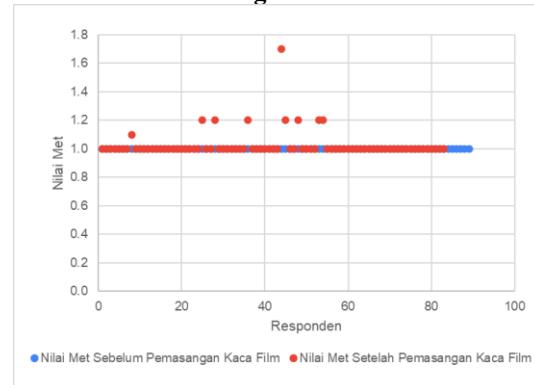
MRT DAN TEMPERATUR OPERATIF PAGI HARI					
Sebelum Pemasangan Kaca Film					
Tanggal	Cuaca	BMKG	Temp. Ruangan	MRT	To
22 April 2024	Cerah	26.63	27.16	26.90	27.03
29 April 2024	Cerah	30.47	27.79	26.82	27.31
30 April 2024	Cerah	26.235	27.85	27.44	27.65
Rata-Rata			27.60	27.05	27.33
Setelah Pemasangan Kaca Film					
02 Mei 2024	Cerah	28.81	27.40	27.26	27.33
03 Mei 2024	Cerah	27.77	27.04	26.78	26.91
07 Mei 2024	Cerah	29.32	27.11	28.19	27.65
Rata-Rata			27.18	27.41	27.29
MRT DAN TEMPERATUR OPERATIF SIANG HARI					
Sebelum Pemasangan Kaca Film					
Tanggal	Cuaca	BMKG	Temp. Ruangan	MRT	To
22 April 2024	Cerah	26.63	28.45	27.33	27.89
29 April 2024	Cerah	26.87	29.77	27.33	28.55
30 April 2024	Cerah	25.74	29.52	28.28	28.90
Rata-Rata			29.25	27.65	28.45
Setelah Pemasangan Kaca Film					
02 Mei 2024	Cerah	26.85	28.77	28.08	28.42
03 Mei 2024	Cerah	26.28	30.07	28.91	29.49
07 Mei 2024	Cerah	26.1	29.11	30.35	29.73
Rata-Rata			29.32	29.11	29.22

Gambar 9 Tabel Temperatur Radiasi

Gambar 9 menampilkan rata-rata nilai temperatur udara, temperatur radiasi rata-rata (MRT), dan nilai temperatur operatif di Ruang Kelas 302 pada pagi hari dan siang hari, baik sebelum pemasangan kaca film dan sesudah pemasangan kaca film.

4.5 Nilai Metabolisme

4.5.1 Nilai Met Pagi Hari



Gambar 10 Grafik Nilai Met Pagi Hari

Gambar 10 menampilkan nilai met pada kondisi pagi hari sebelum dan sesudah pemasangan kaca film. Seperti yang dapat dilihat pada grafik di atas bahwa nilai met terbanyak yaitu pada nilai 1.

4.5.2 Nilai Met Siang Hari

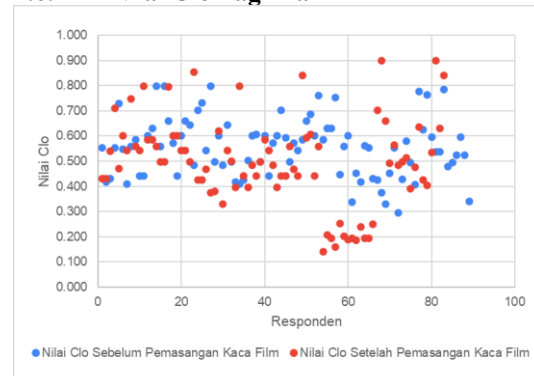


Gambar 11 Grafik Nilai Met Siang Hari

Gambar 11 menampilkan nilai met pada kondisi siang hari sebelum dan sesudah pemasangan kaca film. Seperti yang dapat dilihat pada grafik di atas bahwa nilai met terbanyak yaitu pada nilai 1.

4.6 Nilai Clo

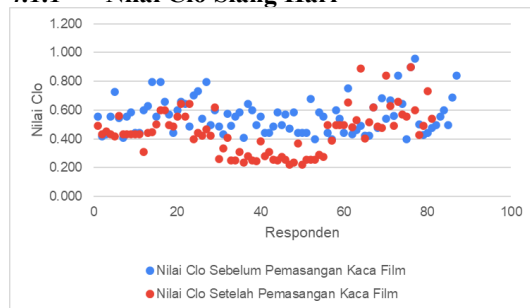
4.6.1 Nilai Clo Pagi Hari



Gambar 12 Grafik Nilai Clo Pagi Hari

Gambar 12 merupakan grafik nilai clo yang didapat dari responden pada kondisi pagi hari pada sebelum pemasangan kaca film dan setelah pemasangan kaca film yang didapatkan dari kuesioner kemudian hasil tersebut dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 3 dan 4 sesuai dengan standar SNI 03-6572-2001. Dari responden di atas nilai clo tertinggi pada kondisi sebelum pemasangan kaca film adalah 0,797 dan terendah adalah 0,296. Sedangkan pada setelah pemasangan kaca film nilai clo tertinggi adalah 0,898 dan terendah adalah sebesar 0,142.

4.1.1 Nilai Clo Siang Hari

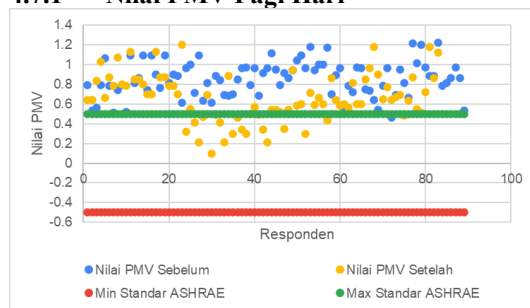


Gambar 13 Grafik Nilai Clo Siang Hari

Gambar 13 merupakan grafik nilai clo yang didapat dari responden pada kondisi siang hari pada sebelum pemasangan kaca film dan setelah pemasangan kaca film yang didapatkan dari kuesioner kemudian hasil tersebut dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 3 dan 4 sesuai dengan standar SNI 03-6572-2001. Dari responden di atas nilai clo tertinggi pada kondisi sebelum pemasangan kaca film adalah 0,957 dan terendah adalah 0,397. Sedangkan pada setelah pemasangan kaca film nilai clo tertinggi adalah 0,898 dan terendah adalah sebesar 0,219.

4.7 Indeks Kenyamanan Termal

4.7.1 Nilai PMV Pagi Hari

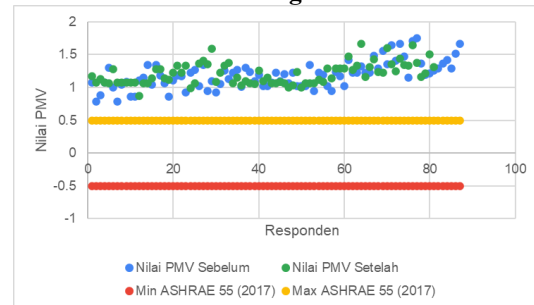


Gambar 14 Grafik Nilai PMV Pagi Hari

Nilai PMV yang tidak sesuai dengan standar baku akan berpengaruh terhadap sensasi termal setiap orangnya. Gambar 14 menunjukkan nilai

PMV pada pagi hari rata-rata berada di atas standar di mana nilai PMV berada di atas 0,5.

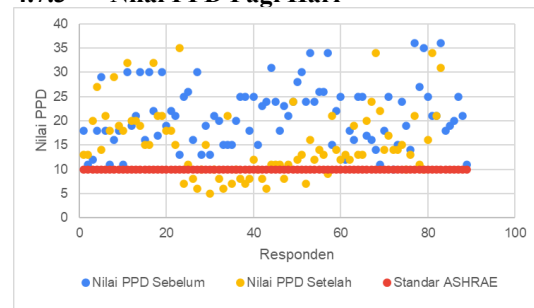
4.7.2 Nilai PMV Siang Hari



Gambar 15 Grafik Nilai PMV Siang hari

Nilai PMV yang tidak sesuai dengan standar baku akan berpengaruh terhadap sensasi termal setiap orangnya. Gambar 15 menunjukkan nilai PMV pada siang hari] berada di atas standar di mana nilai PMV berada di atas 0,5.

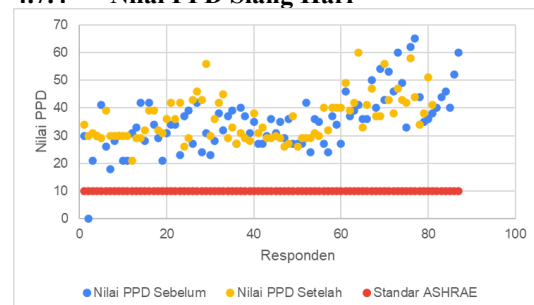
4.7.3 Nilai PPD Pagi Hari



Gambar 16 Grafik Nilai PPD Pagi Hari

Jika nilai PPD tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan, itu akan memengaruhi kenyamanan penghuni. Semakin tinggi nilai PPD, semakin tidak nyaman orang tersebut di dalam ruangan. Gambar 16 menunjukkan nilai PPD pagi hari sebelum dan setelah pemasangan kaca film di Ruang Kelas 302 rata-rata berada di atas standar, yaitu di atas 10%.

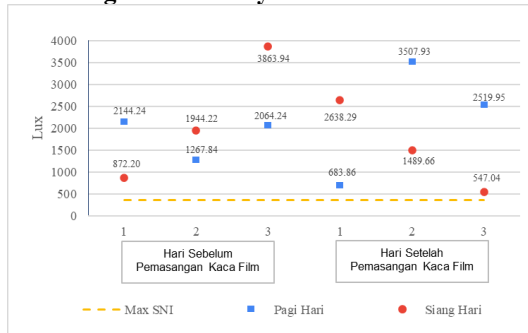
4.7.4 Nilai PPD Siang Hari



Gambar 17 Grafik Nilai PPD Siang Hari

Jika nilai PPD tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan, itu akan memengaruhi kenyamanan penghuni. Semakin tinggi nilai PPD, semakin tidak nyaman orang tersebut di dalam ruangan. Gambar 17 menunjukkan nilai PPD siang hari sebelum dan setelah pemasangan kaca film di Ruang Kelas 302 rata-rata berada di atas standar, yaitu di atas 10%.

4.8 Tingkat Pencahayaan



Gambar 18 Grafik Tingkat Pencahayaan

Berdasarkan Gambar 18 terlihat bahwa tingkat pencahayaan pada saat pagi hari dan siang hari di Ruang Kelas 302 sebelum pemasangan kaca film dan setelah pemasangan kaca film di atas standar SNI 6197-2011 karena berada di atas 350 Lux.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Berdasarkan hasil rata-rata temperatur pada kondisi pagi hari setelah pemasangan kaca film ruangan menjadi lebih nyaman sesuai dengan standar SNI-03-6572-2001. Sedangkan pada kondisi siang hari baik sebelum pemasangan kaca film dan sesudah pemasangan kaca film temperatur tidak sesuai dengan standar. Kelembaban relatif rata-rata pada kondisi pagi hari setelah pemasangan kaca film kelembaban relative pada ruang kelas hampir mendekati standar SNI-6572-2001. Sedangkan pada kondisi siang hari kelembaban rata-rata setelah pemasangan kaca film ruang kelas sesuai dengan standar SNI-03-6572-2001. Kecepatan udara rata-rata pada kondisi pagi hari dan siang hari baik sebelum dan sesudah pemasangan kaca film di bawah standar SNI-6572-2001 karena kecepatan udara rata-rata pada ruang kelas di bawah nilai standar yaitu di bawah 0,15 m/s.

- Sensasi kenyamanan termal ketika berada di ruang kelas berdasarkan perhitungan PMV dan PPD sensasi yang dirasakan pada ruang kelas pada pagi hari sebelum pemasangan kaca film 99% berdasarkan responden adalah sedikit hangat dan 1% netral. Sedangkan pada kondisi pagi hari setelah pemasangan kaca film 76% merasakan sensasi sedikit hangat dan 24% merasakan sensasi hangat. Pada kondisi siang hari sebelum pemasangan kaca film 94% responden merasakan sensasi sedikit hangat dan 6% merasakan sensasi hangat. Pada kondisi siang hari setelah pemasangan kaca film 96% responden merasakan sensasi sedikit hangat dan 4% merasakan sensasi hangat.
- Tingkat pencahayaan rata-rata pada sebelum dan sesudah pemasangan kaca film tingkat pencahayaan pada ruang kelas 302 memiliki rata-rata di atas standar SNI-03-6197-2020 yaitu di atas 350 Lux.

5.2 Saran

- Melakukan penambahan variasi persentase kaca film agar mengetahui pengaruh kaca film berdasarkan persentase kegelapannya.
- Membandingkan dua objek yang identik di lokasi yang berbeda untuk memperoleh perbandingan yang lebih tepat.
- Melakukan pengukuran untuk temperatur lingkungan.
- Memasang unit pengkondisian udara di ruang kelas 302 yang sesuai dengan kapasitas ruangnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sampaikan dan ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penelitian yang penulis lakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE 55, *ANSI/ASHRAE Standard 55 Thermal environmental conditions for human occupancy*, vol. 7. 2017.
- Gunawan and F. Ananda, "Aspek Kenyamanan Termal Ruang Belajar Gedung Sekolah Menengah Umum di Wilayah Kec. Mandau," *J. Inovtek Polbeng*, vol. 7, no. 2, pp. 98–103, 2017.
- Lippsmeier, "Tropenbau Building in the Tropics, Bangunan Tropis Terjemahan,"

- 1994.
- [4] B. Talrosha, "Menciptakan Kenyamanan Thermal Dalam Bangunan," *J. Sist. Tek. Ind.*, vol. 6, no. 3, pp. 148–158, 2005.
 - [5] Handoko, "UNSUR-UNSUR CUACA DAN IKLIM," 1994.
 - [6] L. Susanti and N. Aulia, "Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Sekolah SMA Negeri di Kota Padang," *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 12, no. 1, p. 310, 2016, doi: 10.25077/josi.v12.n1.p310-316.2013.
 - [7] N. L. Latifah, D. A. Anugrah, M. D. Aynani, and K. W. Garini, "Kajian Sistem Pencahayaan yang Mempengaruhi Kenyamanan Visual Pada Ruang A dan Ruang Sayap Galeri Selasar Sunaryo," *Reka Karsa*, vol. 1, no. 3, pp. 1–12, 2013, [Online]. Available: <https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/rek akarsa/article/view/295/346>
 - [8] M. Sayuthi, A. Syuhada, and M. N. Machmud, "Pengaruh Penghambatan Kebeningan Kaca Terhadap Kemampuan Transfer Intensitas Cahaya Pada Kaca," *J. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 65–70, 2018.