

Penggunaan Material Kaca Dilapisi PVA Dalam Upaya Penurunan Suhu Dalam Ruang

Debby Budi Susanti

Dosen Prodi Arsitektur, Fak. Teknik Sipil dan Perencanaan, ITN Malang
e-mail: budisusantidebby@lecturer.itn.ac.id

Gaguk Sukowiyono

Dosen Prodi Arsitektur, Fak. Teknik Sipil dan Perencanaan, ITN Malang
e-mail: gaguk_sukowiyono@lecturer.itn.ac.id

Adhi Widyarthara

Dosen Prodi Arsitektur, Fak. Teknik Sipil dan Perencanaan, ITN Malang
e-mail: adhiwidyarthara@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK

Kondisi iklim lingkungan ruang luar makin lama dirasakan semakin tidak nyaman hal ini dikarenakan adanya peningkatan panas yang berdampak pada tingkat kenyamanan termal di dalam bangunan. Guna mengatasi permasalahan ini, maka diperlukan suatu penyelesaian pada material yang digunakan yang nantinya dapat membuat kondisi ruang dalam yang nyaman sesuai aktivitas tanpa menggunakan penghawaan buatan (AC) maupun penghawaan alami.

Orientasi bangunan menjadi faktor penentu dari keberhasilan menurunkan suhu udara di dalam bangunan. Dinding yang menghadap ke matahari secara langsung menjadi sisi yang diutamakan, maka dibuatlah suatu material dinding dari kaca yang dilapisi PVA.

Melihat uraian di atas, maka intensitas panas matahari menjadi penentu terhadap keberhasilan dalam pencapaian tingkat kenyamanan termal di dalam bangunan. Semakin kuat intensitas panas matahari semakin baik dalam tingkat penurunan kondisi suhu udara tersebut.

Selain itu yang harus diperhatikan adalah keberagaman aktivitas akan menentukan luasan material dinding yang digunakan.

Kata kunci :

Kondisi Iklim Lingkungan, Kenyamanan Termal, Material, Suhu Ruang

ABSTRACT

The climatic conditions of the outdoor environment are increasingly felt to be uncomfortable; this is due to the increase in heat that has an impact on the level of thermal comfort in the building. In order to overcome this

problem, a solution is needed to the materials used which can later make the conditions of the inner space comfortable according to the activity without using artificial ventilation (AC) or natural ventilation. The orientation of the building is a determining factor in the success of lowering the air temperature in the building. The wall facing the sun directly is the preferred side, so a wall material is made from glass coated with PVA. Looking at the description above, the intensity of the sun's heat is decisive for success in achieving the level of thermal comfort in the building. The stronger the intensity of the sun's heat, the better the rate of decline in the air temperature conditions. In addition, what must be considered is that the diversity of activities will determine the area of wall materials used.

Keywords :

Environmental Climate Conditions, Thermal Comfort, Material, Room Temperature

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pemanasan global (*global warming*) saat ini menjadi issue penting karena berakibat pada perubahan iklim dengan meningkatnya suhu dan pola cuaca (Ainurrohman, 2022). Naiknya suhu bumi sebagian besar disebabkan efek rumah kaca (*Green house effect*) (Pratama, 2019). Perkembangan teknologi dan peradaban jaman yang diwujudkan dengan banyaknya gedung-gedung menjulang tinggi yang tertutup dengan kaca sebagai simbol bangunan arsitektur modern menjadi alasan meningkatnya suhu bumi (Rahmadania, 2022).

Material kaca selama ini dikenal sebagai material penghantar panas yang berfungsi sebagai selubung bangunan (Wibowo dkk, 2020). Hal ini semakin menambah beban alat pendingin suhu di dalam ruangan dan tidak sesuai dengan prinsip *green building*. Tuntutan penggunaan material kaca dalam sebuah bangunan tidak dapat dihindari sebagai akibat perkembangan teknologi. Sehingga diperlukan suatu penyelesaian permasalahan akibat dari penggunaan material kaca pada bangunan tanpa mengabaikan perkembangan teknologi dan dampak pada tingkat kenyamanan termal.

Penggunaan material kaca saat ini tidak hanya pada bagian jendela saja, akan tetapi seringkali menjadi selubung dari bangunan (dinding dan atap). Dengan perkembangan teknologi, penggunaan material kaca pada bangunan yang menghadap langsung ke matahari yang mengakibatkan meningkatnya suhu ruang dalam bangunan dapat diubah menjadi dingin sehingga menjadikan suhu ruang dalam bangunan menjadi nyaman.

Rumusan Permasalahan

Penggunaan material kaca pada bangunan yang sisi dindingnya menghadap langsung ke matahari akan berakibat pada meningkatnya suhu panas di dalam ruang, maka dari itu diperlukan suatu material dinding yang dapat dikombinasikan dengan material kaca sebagai dinding eksterior bangunan yang diharapkan dapat mengurangi efek kenaikan suhu dalam ruang, sehingga tingkat kenyamanan termal dapat dicapai sesuai aktivitas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Polivinil Alkohol (PVA)

Polivinil Alkohol (PVA) adalah suatu resin yang dibuat dari proses penggabungan molekul-molekul (polimerisasi) yang memiliki rumus kimia $(C_2H_3O)_n$. PVA diperoleh dari hidrolisis polimer vinil ester dengan menggunakan material polimer awal polivinil asetat. PVA merupakan polimer sintetik yang bersifat *biodegradable* (Kroschwitz, 1998).



Gambar 1.
Wujud Polivinil Alkohol (PVA)
Sumber: dokumen penelitian 2025

PVA tidak dapat dipolimerisasi secara alami dan monomernya (Krick-Othmar, 1982). Jenis polimer yang terbuat dari monomer vinil alkohol dapat berbentuk serbuk, butiran kecil dan besar, atau lembaran tipis dan tebal, berwarna putih (transparan) dengan tekstur halus atau kasar yang kekerasannya bervariasi dari lunak hingga keras, tidak berbau, dapat larut dalam air pada suhu yang lebih tinggi (80°C - 90°C), beberapa pelarut organik, seperti etanol, metanol, dan dimetil sulfoksida (DMSO), serta dapat bereaksi dengan beberapa bahan kimia, seperti asam dan basa. PVA sendiri adalah bahan yang sangat fleksibel dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi sebagai bahan tambahan produksi, termasuk industri tekstil (benang dan kain), industri kertas (kertas cetak dan kertas kemasan), industri farmasi (dalam produksi obat-obatan, seperti tablet dan kapsul), produksi cat, perekat, plastik, pelapis dinding interior dan eksterior, film transparan atau

berwarna. Namun perlu diingat bahwa bentuk dan sifat PVA dapat bervariasi tergantung pada proses pembuatannya, kondisi, dan aplikasi yang diinginkan.

Kenyaman dalam bangunan menjadi hal utama bagi penghuni untuk beraktivitas dengan nyaman. Penggunaan material bangunan sangatlah menentukan dalam tingkat perolehan termal yang sesuai aktivitas, salah satunya adalah dengan penggunaan material kaca (sifat material ini adalah menyerap panas matahari secara maksimal) digabungkan dengan material polivinil alkohol yang menjadikan kondisi dingin di dalam bangunan karena sifat dari material polivinil alkohol adalah semakin terkena panas langsung dia akan merubah panas di luar menjadi dingin di dalam bangunan. Semakin kuat panas yang mengenai permukaan kaca akan semakin dingin suhu udara di dalam bangunan.

Efek pada Kaca

Polivinil Alkohol (PVA) adalah polimer yang dapat menyerap dan melepaskan air, sehingga memiliki sifat hydrogel. Efek yang terjadi apabila PVA dicampur dengan bahan kaca adalah sebagai berikut:

- **Perubahan sifat termal.** PVA dapat menyerap dan melepaskan panas, sehingga dapat mengurangi transmisi panas melalui kaca. Hal ini dapat membuat kaca lebih tahan terhadap perubahan suhu
- **Perubahan sifat optic.** PVA dapat mempengaruhi sifat optic kaca, seperti transparansi dan refraksi yang dapat membuat kaca menjadi lebih buram atau berwarna
- **Perubahan sifat mekanik.** PVA dapat mempengaruhi sifat mekanik kaca, seperti kekuatan dan ketahanan yang dapat membuat kaca menjadi lebih rapuh atau lebih tahan terhadap tekanan
- **Pembentukan struktur hydrogel.** PVA dapat membentuk struktur hydrogel di dalam kaca, yang dapat menyerap dan melepaskan air, sehingga dapat membuat kaca menjadi lebih tahan terhadap kelembaban
- **Pembentukan komposit.** PVA dapat membentuk komposit dengan kaca, yang dapat memiliki sifat unik dan berbeda dari kaca murni
- **Perbaikan ketahanan terhadap air.** PVA dapat memperbaiki ketahanan kaca terhadap air, sehingga dapat digunakan dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap kelembaban
- **Perbaikan sifat adhesi.** PVA dapat memperbaiki sifat adhesi kaca, sehingga dapat digunakan dalam aplikasi yang memerlukan sifat adhesi yang baik

Bahan Kaca Dicampur PVA

Beberapa contoh hasil produksi material bangunan yang digabung dalam upaya perolehan kenyamanan bangunan, seperti bahan kaca yang dicampur dengan bahan PVA yang hasilnya adalah sebagai berikut:

- Kaca isolasi termal yang dapat mengurangi transmisi panas
- Kaca yang dapat menyerap dan melepaskan kelembaban
- Kaca yang memiliki sifat hydrogel dan dapat digunakan dalam aplikasi medis
- Kaca yang dapat membentuk struktur yang unik dan berbeda dari kaca murni

Kinerja termal (*Thermal Performance*)

Thermal Performance merujuk pada kemampuan suatu material atau sistem untuk mengatur perpindahan panas dan mempertahankan suhu yang diinginkan. Dalam konteks bangunan, *thermal performance*

mengacu pada kemampuan untuk mengurangi perpindahan panas antara bangunan dan lingkungan luar, sehingga menciptakan lingkungan internal yang nyaman dan efisien energi.

Beberapa faktor yang mempengaruhi *thermal performance* bangunan antara lain:

1. **Isolasi.** Penggunaan material isolasi yang efektif untuk mengurangi perpindahan panas melalui dinding, atap, dan lantai
2. **Jendela.** Desain dan material jendela yang efektif untuk mengurangi perpindahan panas dan radiasi matahari
3. **Ventilasi.** Sistem ventilasi yang efektif untuk mengatur aliran udara dan mengurangi kebutuhan energi untuk pendinginan
4. **Material Bangunan.** Penggunaan material bangunan yang memiliki sifat termal yang baik, seperti material yang memiliki konduktivitas termal (U-value) rendah
5. **Desain Bangunan.** Desain bangunan yang mempertimbangkan orientasi matahari, bentuk bangunan, dan penggunaan shading untuk mengurangi radiasi matahari

Thermal performance dapat diukur dengan menggunakan beberapa parameter, seperti:

- **Konduktivitas termal (U-value),** kemampuan material untuk menghantarkan panas
- **Resistensi termal (R-value),** kemampuan material untuk menahan panas

- **Koefisien perpindahan panas (h)**, kemampuan material untuk memindahkan panas melalui konveksi

Bangunan dengan *thermal performance* yang baik dapat:

- Mengurangi kebutuhan energi untuk pemanasan dan pendinginan
- Meningkatkan kenyamanan penghuni bangunan
- Mengurangi emisi gas rumah kaca
- Meningkatkan nilai bangunan

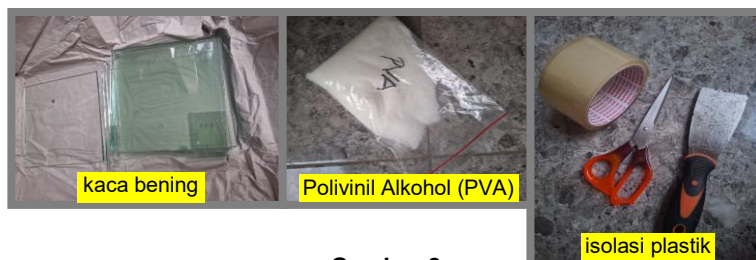
Dalam desain bangunan, *thermal performance* dapat ditingkatkan dengan menggunakan material yang memiliki sifat termal yang baik, seperti material isolasi, jendela yang efektif, dan desain bangunan yang mempertimbangkan orientasi matahari dan shading.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian eksperimen yang dilaksanakan dengan cara melakukan pengukuran secara langsung di lapangan pada obyek yang sudah ditentukan dan lingkungannya, yang dirumuskan dalam bentuk tabel dan diagram untuk menjadi hasil akhir. Metode ini dipilih karena belum pernah dilakukan penelitian sebelumnya dan guna mendapatkan hasil pengukuran yang bisa dipertanggungjawabkan secara riil. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

a. Bahan dan Peralatan yang digunakan

- Kaca bening standar dengan ukuran: panjang 20 cm, lebar 20 cm dengan ketebalan 5 mm
- Polivinil Alkohol (PVA), digunakan yang berbentuk butiran
- Isolasi plastic, untuk merekatkan kaca satu dengan lainnya yang dibentuk menjadi kubus
- Kertas dan pena, digunakan untuk mencatat hasil pengukuran
- HP Android Samsung tipe Galaxy A54 (5G), yang digunakan untuk mengukur suhu (*indoor* dan *outdoor*), kelembaban, kondisi lingkungan, dan dokumentasi pelaksanaan



Gambar 2.
Bahan Penelitian Kaca Bening, PVA, dan Isolasi Plastik

Sumber: dokumen penelitian 2025

b. Pelaksanaan

- Pertama, disiapkan dua lembar kaca bening, kemudian dilakukan penaburan PVA secara merata ke bidang permukaan salah satu kaca setelah itu ditutup dengan kaca lainnya dan direkatkan dengan menggunakan isolasi plastik sehingga menjadi satu kesatuan dalam lembaran bidang. Posisi PVA sekarang terletak di tengah-tengah dua lembar kaca (*doube/glass*). Lembaran-lembaran bidang (dari material kaca dan PVA) yang sudah dibuat dalam jumlah tertentu kemudian di satukan menjadi bentuk kubus (difungsikan sebagai dinding, atap, dan lantai)
- Kedua, kubus yang ada selanjutnya diletakkan pada satu tempat yang terbuka (*roof top*) dengan tujuan agar supaya sepanjang hari terkena panas secara maksimal. Guna menghindari panas yang berasal dari bawah (lantai dak beton), maka sebagai alas kubus diberikan batu alam palimanan dengan tujuan sebagai isolasi panas.
- Ketiga, model kubus yang digunakan sebagai media ukur dalam penelitian ini dibedakan menjadi dua, yaitu: kubus tanpa ventilasi dan kubus dengan ventilasi.

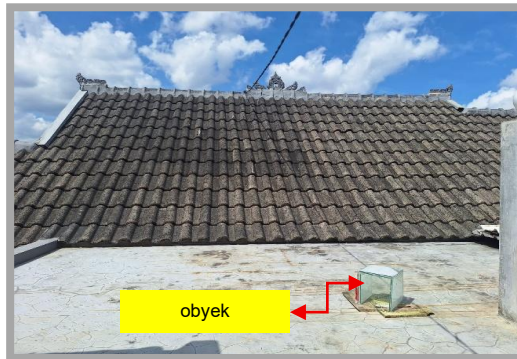


Gambar 3.
Kubus Kaca sebagai Bahan Penelitian
Sumber: dokumen penelitian 2025

c. Metode pengukuran

Kegiatan pengukuran dalam penelitian ini guna mendapatkan data maksimal dilakukan di musim kemarau yaitu pada Jumat-Sabtu, 06-07 Juni 2025 yangmana pada bulan ini kondisi lingkungan dalam posisi panas yang sangat tinggi. Pengambilan data tentang suhu (*outdoor* dan *indoor*), kelembaban, kecepatan angin, kondisi langit dilakukan secara berkala setiap 2 (dua) jam sekali dengan menggunakan HP Android Samsung tipe Galaxy A54 (5G) AA35 dengan membuka (*download*) aplikasi prakiraan cuaca melalui play store yangmana setiap periodik aplikasi akan terbaru secara

otomatis (*updated automatically*) dari sistem yang ada, dimulai dari jam 09.00 dan berakhir pada jam 17.00 wib dengan tujuan untuk mendapatkan data maksimal panas kondisi lingkungan setempat dalam waktu sepanjang hari. Adapun untuk dokumentasi menggunakan kamera yang ada di fitur HP tersebut.



Gambar 4.
Roof Top Lokasi Pengukuran Obyek Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran pada obyek penelitian dilakukan secara mandiri dengan menggunakan peralatan sederhana yang dapat difungsikan secara baik dan benar dengan hasil perolehan data yang bisa dipertanggungjawabkan. Pengambilan data dilakukan dalam 2 (dua) hari, yaitu: hari pertama Jumat, 06 Juni 2025 dan hari kedua Sabtu, 07 Juni 2025 yang dimulai dari jam 09.00 wib hingga jam 17.00 wib. Adapun hasil perolehan data pengukuran lapangan adalah sebagai berikut:

a. Kubus tanpa ventilasi



Sebagai obyek penelitian yang berbentuk kubus dengan sisi-sisi sebagai berikut: sisi atap diberi kaca dubel yang di tengahnya diisi PVA, sedangkan pada sisi dinding (berhadapan) yang terkena panas matahari secara langsung dipasang kaca dubel yang tengahnya sudah diisi PVA. Adapun dua sisi dinding (berhadapan) lainnya yang tidak terkena panas matahari dipasang kaca tunggal yang tidak dilapisi PVA. Dengan bahan kaca bening (yang sifatnya adalah menyerap kondisi luar dipindahkan ke dalam ruang) secara tidak langsung

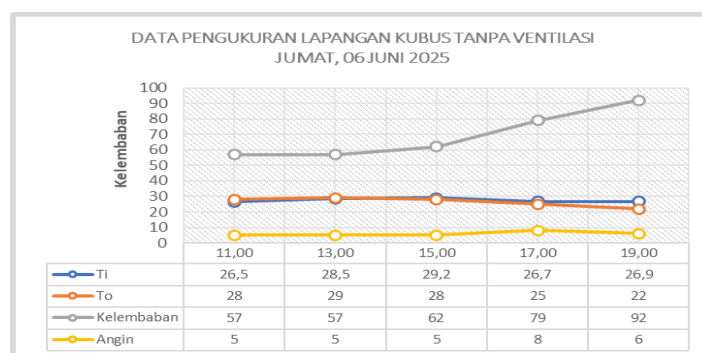
panas matahari yang mengenai obyek uji penelitian akan dimasukkan ke dalam ruang secara maksimal, akibatnya kondisi ruang dalam bangunan menjadi tidak nyaman/ panas. Dengan melihat sifat kaca tersebut, maka dalam uji penelitian dinding doble yang diisi dengan PVA diletakkan pada sisi sebelah Timur dan Barat, sedangkan dinding yang tidak dilapisi PVA diletakkan pada sisi Utara dan Selatan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa efektifnya PVA dalam menanggulangi panas matahari secara langsung di dalam ruang yang nantinya untuk dirubah menjadi kondisi dingin, sehingga tidak perlu lagi menggunakan energi tambahan (AC) untuk membuat kondisi di dalam ruang menjadi nyaman.

Dari uji penelitian pengambilan data dilakukan secara berkala dengan memperhatikan kondisi lingkungan, seperti: suhu di luar dan di dalam obyek, kelembabannya, kecepatan angin, dan kondisi langit. Adapun hasil yang di dapat adalah sebagai berikut:

Tabel 1.
Hasil Pengukuran Kondisi Iklim Lingkungan Pada Hari Pertama

No	Jam	Suhu (°C)		Kelembaban (%)	Kec. Angin (Km/j)	Kondisi Langit
		Ti	To			
1	09.00	-	26	66	3	Cerah
2	11.00	26.5	28	57	5	Cerah, sedikit berawan
3	13.00	28.5	29	57	5	Cerah
4	15.00	29.2	28	62	5	Cerah, berawan
5	17.00	26.7	25	79	8	Cerah
6	19.00	26,9	22	92	6	Malam, cerah

Sumber: dokumen penelitian 2025



Gambar 5.
Grafik Hasil Pengukuran Lapangan Pada Kubus Tanpa Ventilasi

Dari hasil pengukuran lapangan pada kubus tanpa ventilasi yang diperlihatkan dalam Tabel 1. dan Gambar 4. menunjukkan bahwa kondisi antara suhu dalam ruangan obyek (T_i) dan suhu luar obyek/ lingkungan (T_o) ada selisih $\pm 1^\circ\text{C}$ - 2°C dan selisih kenaikan suhu ini terjadi pada kondisi di dalam ruangan obyek sehingga kenyamanan yang diharapkan sepanjang hari tidak terpenuhi. Hal ini terjadi karena adanya akumulasi panas dari siang sampai malam di dalam ruangan obyek yang tidak dapat keluar, puncak panas di dalam ruangan obyek terjadi pada malam hari sebesar 26.9°C (dibandingkan dengan suhu udara luar/ lingkungan yang mencapai 22°C) yang seharusnya turun karena kelembaban di luar cukup tinggi sebesar 92%. Dari hasil tersebut dapat digambarkan bahwa kemampuan material PVA kurang maksimal dari merubah panas matahari langsung di luar menjadi dingin di dalam ruangan tertutup, walaupun kecepatan anginnya cukup besar tetapi masih belum mampu untuk membantu mengurangi panas yang ada.

b. Kubus dengan ventilasi



Dalam pengukuran hari kedua obyek penelitian yang digunakan masih sama yaitu menggunakan kubus dari material kaca dengan sisi atap diberi kaca doble yang di tengahnya diisi PVA, sedangkan dua dinding berhadapan dipasang kaca doble yang tengahnya di isi PVA, serta dua dinding tunggal berhadapan yang tidak dilapisi PVA diletakkan pada sisi lainnya. Pada obyek ini dicoba dengan melapisi semua sisi dalamnya dengan PVA cair yang disapukan secara merata ke semua dinding dan atap. Obyek penelitian ini

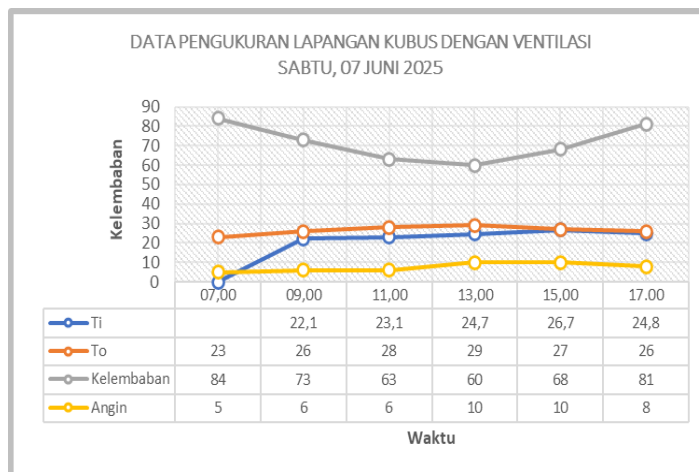
dibuat berbeda dengan obyek kubus tanpa ventilasi yangmana pada satu sisi bagian atas diberi lubang ventilasi sepanjang dinding dengan lebar ± 1 cm.

Pengambilan datanya dilakukan sama seperti sebelumnya, yaitu dengan menggunakan peralatan sederhana secara berkala 2 (dua) jam sekali dengan merujuk pada kondisi lingkungan setempat, seperti: suhu di luar (T_o) dan di dalam obyek (T_i), kelembaban, kecepatan angin, dan kondisi langit. Adapun hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.
Hasil Pengukuran Kondisi Iklim Lingkungan Pada Hari Kedua

No	Jam	Suhu (°C)		Kelembaban (%)	Kec. Angin (Km/j)	Kondis Langit
		Ti	To			
1	07.00	-	23	84	5	Cerah, berawan
2	09.00	22.1	26	73	6	Cerah, sedikit berawan
3	11.00	23.1	28	63	6	Cerah, berawan
4	13.00	24.7	29	60	10	Berawan tebal
5	15.00	26.7	27	68	10	Berawan
6	17.00	24,8	26	81	8	Berawan

Sumber : dokumen penelitian 2025



Gambar 6.
Grafik hasil pengukuran lapangan pada kubus dengan ventilasi
Sumber : dokumen penelitian 2025

Pada Tabel 2. dan Gambar 6. terlihat hasil pengukuran lapangan pada kubus dengan ventilasi menunjukkan bahwa kondisi suhu dalam ruangan obyek (Ti) sepanjang hari lebih rendah secara signifikan apabila dibandingkan dengan suhu luar/ lingkungan (To) selisih $\pm 1^{\circ}\text{C} - 4.9^{\circ}\text{C}$. Selisih tinggi ini terjadi pada jam panas puncak yaitu jam 11.00 wib - 13.00 wib yangmana pada jam 11.00 wib suhu Ti (23.1°C) dan To (28°C) dengan kelembaban 63%, sedangkan pada jam 13.00 wib suhu Ti (24.7°C) dan To (29°C) dengan kelembaban 60%. Kondisi suhu Ti ini juga masih rendah apabila dibandingkan dengan suhu luar (To) di bawah keteduhan. Hal ini

terjadi karena panas yang ada di dalam ruangan dapat keluar, selain itu kemampuan dinding yang terisi PVA dan seluruh bagian dalam dinding dan atap yang dilapisi PVA cair dengan disaputkan, sehingga panas matahari yang masuk secara langsung dapat di tahan dengan baik, yaitu merubah energi panas di luar/ lingkungan menjadi dingin di dalam obyek.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan dua model uji obyek penelitian yang berbeda, yaitu kubus dari kaca tanpa ventilasi dan kubus dengan ventilasi yang di saput merata ke seluruh permukaan material kaca bagian dalamnya dengan menggunakan PVA yang dicairkan, ternyata hasil yang diperoleh sangat berbeda. Kubus yang ada ventilasinya mampu merubah energi panas matahari secara langsung menjadi dingin di dalam ruangan secara signifikan berkisar antara $\pm 4.3^{\circ}\text{C}$ – 4.9°C . Selisih ini terjadi pada pengukuran di jam 09.00 dan 11.00 yangmana pada jam tersebut kondisi suhu luar (T_o) 26°C - 28°C dan kondisi dalam ruang (T_i) 22.1°C - 23.11°C .

DAFTAR PUSTAKA

- Ainurrohman, S. & Sudarti, S. 2022. *Analisis Perubahan Iklim dan Global Warming yang Terjadi sebagai Fase Kritis*. Jurnal Phi: Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan. 3(3). 1. <https://doi.org/10.22373/p-jpft.v3i3.13359>
- Jundullah, Izzuddin, M. 2016. *Pengaruh Penambahan Montmorillonite Pada Sifat Ketahanan Termal Polivinil Asetat*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Pratama, R. & Parinduri, L. 2019. *Penanggulangan Pemanasan Global*. Buletin Utama Teknik. 15(1). 1410–4520.
- Rachmadi, dkk. 2021. *Mengenal Polimer dan Polimerisasi*. google books
- Rahmadania, N. 2022. *Pemanasan Global Penyebab Efek Rumah Kaca dan Penanggulangannya*. Ilmuteknik.Org. 2(3). 1–12. <http://ilmuteknik.org/index.php/ilmuteknik/article/view/87>
- Wibowo, D. R., Budi, W. S. & Setyowati, E. 2020. *Pengaruh Material Kaca Terhadap Perpindahan Panas pada Bangunan Pendidikan (Studi Kasus Gedung Pasca Sarjana Poltekkes Semarang)*. Arsir. 4(2). 11. <https://doi.org/10.32502/arsir.v4i2.2813>
- Susanti, D. (2019). *Dapur Sebagai Dasar Penataan Ruang*. PAWON: Jurnal Arsitektur 3, 11–24.
- Sabtalistia, Y. A. (2025). *Evaluasi Kenyamanan Termal Kantin Kampus, Pawon* Jurnal Arsitektur 151–164.