JURNAL LINGKUNGAN BINAAN INDONESIA
ISSN Cetak: 2301-9247 | ISSN Daring: 2622-0954 | Beranda Jurnal: http://iplbijournals.id/index.php/jlbi/index

Arsitektur Bernapas: Eksplorasi Teknologi *Honeycomb* pada Fasad Gedung Pelayanan Publik

Reiza Angga Hadikusuma[1], Yudi Nugraha Bahar[2]

[1] Laboratorium Fisika Bangunan, Magister Arsitektur, Konsentrasi Desain Arsitektur, Universitas Gunadarma
[2] Magister Arsitektur, Program Pascasarjana, Fakultas Teknologi dan Rekayasa Universitas Gunadarma

| Diterima 20 April 2025 | Disetujui 8 Desember 2025 | Diterbitkan 15 Desember 2025 |
| DOI http://doi.org/10.32315/jlbi.v14i4.481 |

Abstrak

Perkembangan konsep arsitektur berkelanjutan mendorong perancangan bangunan estetis sekaligus fungsional dan responsif terhadap isu iklim tropis serta efisiensi energi. Salah satu teknologi terkini yang mulai dieksplorasi adalah sistem ventilasi pasif berbasis *Honeycomb Aircooler* yang terinspirasi dari ventilasi alami tradisional. Penerapannya pada konteks bangunan pelayanan publik di Indonesia masih terbatas dan belum banyak dikaji secara mendalam. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi potensi penerapan sistem *honeycomb* pada fasad bangunan pelayanan publik, guna meningkatkan kenyamanan termal sekaligus mengurangi ketergantungan pada energi listrik. Metode penelitian meliputi eksperimen desain dan simulasi arsitektural pada fasad gedung Mako Polres Kota Depok, dengan mempertimbangkan orientasi matahari, pola sirkulasi udara, dan pemanfaatan material lokal sesuai prinsip *green building*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa integrasi *honeycomb facade* mampu menurunkan suhu interior secara signifikan, memperbaiki ventilasi silang, dan mengurangi kebutuhan sistem pendingin aktif. Secara visual, elemen *honeycomb* menambah nilai estetika sekaligus memperkuat strategi desain pasif yang kontekstual dengan iklim tropis Indonesia. Temuan ini membuka peluang pengembangan lebih lanjut bagi konsep *breathing architecture* yang lebih adaptif, efisien, dan ramah lingkungan pada bangunan pelayanan publik masa depan.

Kata-kunci: Arsitektur berkelanjutan, arsitektur bernapas, bangunan pelayanan publik, efisiensi energi, ventilasi pasif

Breathing Architecture: Exploration of Honeycomb Technology on Public Service Building Facades

Abstract

The development of sustainable architecture concepts encourages the design of buildings that are both aesthetically pleasing and functional, as well as responsive to tropical climate issues and energy efficiency. One of the latest technologies being explored is the Honeycomb Aircooler-based passive ventilation system, which is inspired by traditional natural ventilation. Its application in the context of public service buildings in Indonesia is still limited and has not been studied in depth. This study aims to explore the potential application of honeycomb systems on the facades of public service buildings to improve thermal comfort while reducing dependence on electrical energy. The research methods include design experiments and architectural simulations on the facade of the Depok City Police Headquarters building, taking into account solar orientation, air circulation patterns, and the use of local materials in accordance with green building principles. The simulation results show that the integration of a honeycomb facade can significantly reduce interior temperatures, improve cross ventilation, and reduce the need for active cooling systems. Visually, honeycomb elements add aesthetic value while reinforcing passive design strategies that are contextual to Indonesia's tropical climate. These findings open up opportunities for further development of a more adaptive, efficient, and environmentally friendly breathing architecture concept for future public service buildings.

***Keywords**: Breathing architecture, energy efficiency, passive ventilation, public service buildings, sustainable architecture*

Kontak Penulis

Reiza Angga Hadikusuma
Magister Arsitektur, Konsentrasi Desain Arsitektur, Universitas Gunadarma, Indonesia 16424
E-mail : eza.reiza@gmail.com

Copyright ©2025. JLBI
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Pendahuluan

Perkembangan arsitektur berkelanjutan menjadi respons strategis terhadap tantangan pemanasan global, krisis energi, dan degradasi lingkungan [1]. Di era ini, konsep *green building* mendorong desain bangunan yang hemat energi dan ramah lingkungan dengan tetap menjaga kenyamanan penghuni [2], [3]. Salah satu aspek penting dalam *green building* adalah pencapaian kenyamanan termal secara pasif, mengurangi ketergantungan pada sistem pendingin aktif yang boros energi [4], [5].

Kenyamanan termal didefinisikan sebagai kondisi di mana penghuni merasa puas dengan lingkungan termal ruang [2]. Dalam desain *green building*, pencapaian kenyamanan termal melalui strategi pasif menjadi fokus utama untuk mengurangi konsumsi energi [3], [5]. Berbagai pendekatan seperti ventilasi alami, orientasi bangunan yang optimal, penggunaan material termal adaptif, dan *shading device* menjadi bagian penting dalam mencapai tujuan ini [6], [7].

Dalam konteks iklim tropis seperti di Indonesia, suhu dan kelembaban tinggi menjadi tantangan utama bagi kenyamanan termal bangunan [6]. Untuk itu, dibutuhkan strategi desain adaptif yang mampu mengoptimalkan ventilasi alami dan meminimalkan *heat gain* [7]. Salah satu pendekatan yang relevan adalah *breathing architecture*, yaitu konsep yang memungkinkan bangunan "bernafas" melalui pengaturan ventilasi silang, penggunaan fasad permeabel atau adaptif, serta elemen desain yang meningkatkan aliran udara alami [8], [9]. Pendekatan ini sangat sesuai diterapkan pada iklim tropis karena dapat meningkatkan sirkulasi udara dan kenyamanan termal tanpa meningkatkan beban energi [10].

Salah satu teknologi *state-of-the-art* yang kini banyak dieksplorasi adalah *Honeycomb Aircooler*, yaitu sistem ventilasi pasif yang mengadopsi prinsip ventilasi tradisional berbentuk sarang lebah [10]. Struktur geometris *honeycomb* efektif dalam memperlambat aliran udara panas sekaligus meningkatkan proses pendinginan evaporatif melalui luas permukaan yang lebih besar [11], [12]. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penerapan *honeycomb facade* dapat meningkatkan efisiensi ventilasi alami, menurunkan suhu ruang dalam, bahkan mencapai 2–4°C, serta mengurangi beban dan konsumsi energi pada sistem pendingin aktif hingga 30% [13] – [15].

Meskipun memiliki potensi besar, penerapan *honeycomb facade* pada bangunan pelayanan publik di Indonesia masih sangat terbatas. Sebagian besar bangunan publik masih dirancang dengan pendekatan konvensional yang belum mengoptimalkan ventilasi alami dan efisiensi energi [6], [7]. Padahal, *honeycomb facade* menawarkan solusi desain yang mengintegrasikan estetika, performa termal, serta prinsip *green building* dan *breathing architecture* [12], [13]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengeksplorasi potensi penerapannya pada fasad bangunan pelayanan publik di iklim tropis basah, untuk meningkatkan kenyamanan termal serta efisiensi energi secara pasif.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode kuantitatif berbasis simulasi arsitektural dan eksperimen desain material pembentuk komposisi fasad.

Lokasi dan objek penelitian

Objek penelitian adalah gedung Mako Polres Kota Depok, yang berlokasi di wilayah iklim tropis basah, dengan suhu rata-rata harian 27–33°C dan tingkat kelembaban tinggi (Tabel 1). Bangunan ini memiliki karakteristik fasad yang menghadap ke arah timur dan barat yang berpotensi menyebabkan *heat gain* tinggi.

Tabel 1. Tabel cuaca dan iklim Kota Depok [16]

No.	Variabel	Keterangan	Kesimpulan
1	**Presipitasi**	*Hujan 24 Oktober - 7 Mei* *Kemarau 7 Mei- 24 Oktober*	*46% kemungkinan hujan di Kota Depok maka kerja pompa air bisa berkurang separah nya dalam 1 tahun*
2	**Curah Hujan**	*Tertinggi Januari, 280 mm* Terendah Agustus ,51 mm	Pada Bulan Agusutus kerja pompa air untuk mendinginkan *honey comb air cooler* akan lebih banyak.
3	**Durasi Matahari**	12 jam 30 menit Juni 12 jam di Desember	Rata-rata waktu matahari bersinar di Kota Depok Cenderung satabil stiap tahun nya yaitu 12 jam
4	**Kelembaban**	Tidak bervariasi secara signifikan sepanjang tahun, tetap dalam rentang *2%* dari *98%*	

5	**Angin**	kecepatan angin rata-rata per jam *7,0 km/h*	Menentukan bukaan penghawaan terbanyak di sisi barat dan timur bangunan
		Arah angin paling sering bertiup dari barat ke timur	
6	**Suhu Air**	suhu rata-rata *28°C*	
7	**Tenaga surya**	Bulan paling cerah untuk tenaga surya adalah agustus sampai oktober dengan rata-rata *6,2 kWh*	
		Bulan paling redup untuk tenaga surya adalah November samapai dengan juni dengan rata-rata *4,5 kWh.*	
8	**Suhu Udara**	Suhu rata-rata kota depok adalah terendah *23°C tertinggi 32°C*	

Desain eksperimen

Model fasad *honeycomb* dirancang dengan memanfaatkan material lokal (tanah liat) dengan modul lubang berdiameter 15 cm dan kedalaman 20 cm, disusun membentuk pola sarang lebah. Model desain diuji pada varian:

1. Fasad tanpa *honeycomb* (*baseline*);
2. Fasad *honeycomb* statis;
3. Fasad *honeycomb* dengan kombinasi ventilasi silang adaptif.

Standar fasad bahan dinding luar berdasarkan SNI 6389 2001 Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel bahan dinding luar [17]

Bahan dinding luar	α
Beton berat	0,91
Bata merah	0,89
Beton ringan	0,86
Beton ekspos	0,61
Cat aluminium	0,40
Lembaran aluminium yang dikilapkan	0,12

Simulasi performa termal

Simulasi termal dilakukan menggunakan perangkat lunak Ansys CFD, Sun Hour Sketchup dan data iklim Kota Depok, parsial data Kota Depok, wheaterspark.com dengan input data cuaca untuk Kota Depok. Parameter yang diukur meliputi suhu udara dalam ruang, distribusi ventilasi silang (CFD), dan kebutuhan energi sistem pendingin aktif (AC).

Tabel 3. Tabel standar SNI kenyamanan termal

Kondisi	Temperatur Efektif (TE)	Kelembaban (RH)
Sejuk Nyaman	20.50 °C s.d 22.80 °C	50%
Ambang Atas	24°C	80%
Nyaman Optimal	22.80 °C s.d 25.80 °C	70%
Ambang Atas	28°C	70%
Hangat Nyaman	25.80 °C s.d 27.10 °C	6 %
Ambang Atas	31°C	6 %

Validasi data

Data simulasi diverifikasi melalui pengukuran lapangan dengan penggunaan sensor suhu *infrared thermometer* KW0600560 yang ditembakkan di depan dan belakang *honeycomb* untuk melihat penurunan suhu udara, tahap validasi selanjutnya yaitu membuat modeling 3d pada Sketchup dan mengukurnya pada *software* analisa Ansys CFD.

Analisis data

Hasil simulasi dianalisis secara kuantitatif untuk melihat pengaruh penerapan *honeycomb facade* terhadap penurunan suhu dalam ruang, peningkatan ventilasi alami, dan pengurangan kebutuhan energi pendingin aktif.

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi kondisi iklim setempat, orientasi bangunan, serta studi lapangan pada bangunan serupa. Sementara itu, data sekunder meliputi literatur terdahulu terkait desain pasif, prinsip *green building*, serta penerapan teknologi *honeycomb* dalam bangunan.

Tahapan berikutnya adalah perancangan model fasad dengan sistem *honeycomb* yang disesuaikan dengan kebutuhan fungsi dan arah matahari bangunan. Model kemudian diuji melalui simulasi menggunakan perangkat lunak seperti SketchUp (dengan *plug in Sun Hour Analysis*) dan Ansys CFD *Tools* untuk simulasi termal dan sirkulasi udara, untuk menilai aspek seperti ventilasi silang, pergerakan udara, suhu dalam ruangan, dan pencahayaan alami.

Setelah hasil simulasi diperoleh, dilakukan analisis komparatif antara kondisi fasad dengan dan tanpa sistem *honeycomb*. Tujuannya adalah mengukur

seberapa besar pengaruh teknologi ini terhadap efisiensi termal dan potensi penghematan energi. Analisis ini juga memperhatikan faktor desain visual dan kesesuaian terhadap prinsip arsitektur tropis.

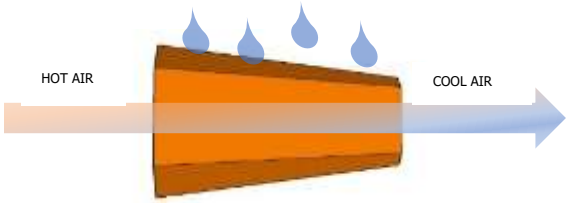
Akhirnya, dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan data simulasi dan kajian desain, untuk melihat sejauh mana sistem *honeycomb* dapat diterapkan secara efektif sebagai bagian dari strategi fasad pada bangunan pelayanan publik di iklim tropis. Temuan ini diharapkan menjadi dasar untuk pengembangan desain "arsitektur bernapas" yang adaptif dan berkelanjutan.

Hasil dan Pembahasan

Desain *Honeycomb air cooler*

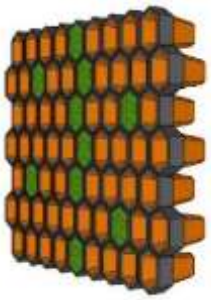
Pada objek penelitian penghawaan alami, saya menerapkan sebuah rancangan yang terinspirasi dari radiator sederhana yang terbuat dari material tanah liat dengan bentuk selongsong dengan sistem *air cooler* dan diberi nama *Honeycomb air cooler* untuk menurunkan suhu udara yang berhembus dari luar bangunan menuju bagian dalam bangunan (Gbr. 1–4).

Gambar 1. Desain selongsong *honeycomb air cooler*

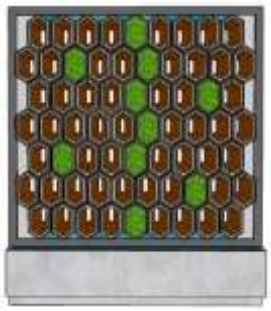


Gambar 2. Skema selongsong *honeycomb air cooler*

Pada objek selongsong atau terakota akan dialiri tetesan air sehingga tanah liat yang panas suhunya menjadi turun terinspirasi dari evaporator AC dan radiator kendaraan bermotor.



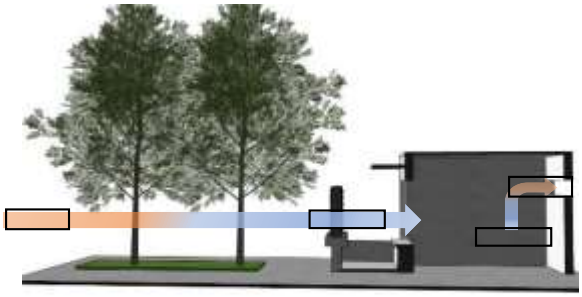
Gambar 3. Desain panel *honeycomb air cooler*



Gambar 4. Desain kombinasi panel *honeycomb air cooler*

Pada objek selongsong atau terakota di gabung kan menjadi satu kesatuan seperti panel evaporator sehingga berbentuk seperti sarang lebah yang menyatu lalu dialiri oleh aliran tetesan air untuk menurunkan suhu udara yang melintas di antara celahnya, sehingga menjadi *air cooler* sederhana.

Berikut ini adalah gambar simulasi skema dari sirkulasi penghawaan yang dimulai dari udara panas yang di-*reduce* oleh pepohonan kemudian di dinginkan kembali oleh *honeycomb air cooler* lalu masuk ke dalam ruangan sehingga udara yang masuk akan lebih sejuk daripada udara yang ada di luar ruangan (Gbr. 5).



Gambar 5. Skema pergerakan udara *honeycomb air cooler*

Pengujian eksperimen validasi data empiris

Pada objek penelitian penghawaan alami, *Honeycomb Air Cooler* dilakukan pengujian atau penelitian sederhana dengan bahan selongsong terakota dari tanah liat yang disusun secara vertikal dan dialiri oleh air yang digerakkan oleh pompa air kecil agar sirkulasi air tetap berjalan dan mendinginkan terakota sehingga celah terakota yang dilewati oleh udara yang panas dapat didinginkan dengan cepat (Gbr. 6–8).

Gambar 6. Panel *honeycomb air cooler*

Gambar 7. Pengukuran suhu sebelum dialiri air

Gambar 8. Pengukuran suhu air

Setelah disusun dan diletakkan di atas wadah air dilakukan pengukuran suhu awal selongsong terakota menggunakan *thermometer gun* dengan hasil 37°C karena sifat tanah liat yang menyerap panas matahari (Gbr 9–11).

Gambar 9. Pengaliran air pada panel

Gambar 10. Pengukuran suhu setelah mengalirkan air

Gambar 11. Pengukuran suhu air setelah dialirkan

Langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran terhadap terakota yang sudah dialiri air dengan hasil terakota yang sebelumnya bersuhu 37°C turun menjadi 32°C juga melakukan pengukuran pada air buangan dari terakota yang turun ke penampungan yang asalnya 31°C naik jadi 35°C sehingga dapat disimpulkan panas yang asalnya di terakota berpindah ke air pendingin.

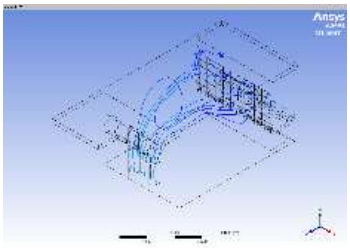
Tabel 5. Hasil eksperimen perancangan *Honeycomb air cooler*

Variabel	Suhu awal	Suhu Akhir	Keterangan
Terakota penyusun	*37°C*	*32°C*	Turun 5°C
Air Pendingin	*31°C*	*35°C*	*Naik 4°C*
Dinding	*37°C*	*32°C*	*Turun 5°C*

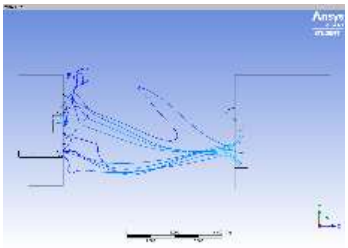
Dapat disimpulkan *Honeycomb Air Cooler* ini dapat digunakan secara efektif dalam menurunkan suhu ruangan jika diaplikasikan dalam perancangan fasad suatu bangunan untuk mengurangi kebutuhan kita dalam menggunakan AC agar mengurangi beban kebutuhan energi listrik bangunan secara signifikan.

Penelitian validasi data menggunakan *software*

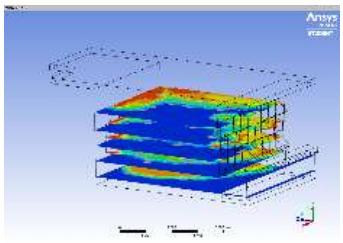
Thermal analysis software (Ansys CFD)



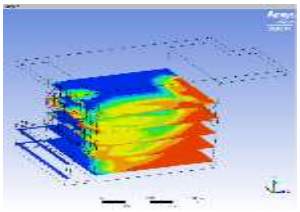
Gambar 12. Analisa Ansys pergerakan udara dalam ruangan



Gambar 13. Analisa Ansys pergerakan udara dingin

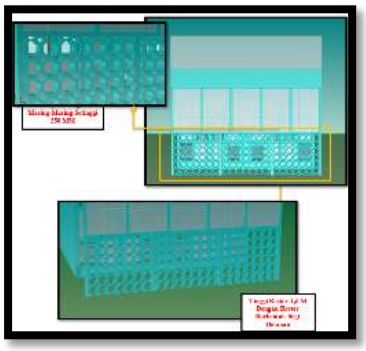


Gambar 14. Analisa Ansys pergerakan udara dalam ruangan

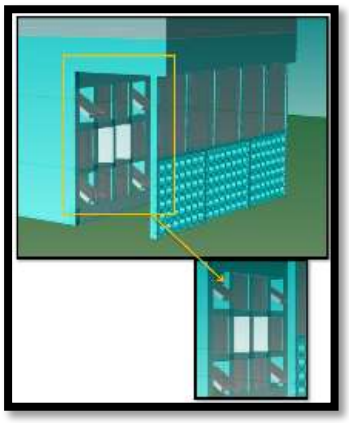


Gambar 15. Analisa Ansys pergerakan udara dingin

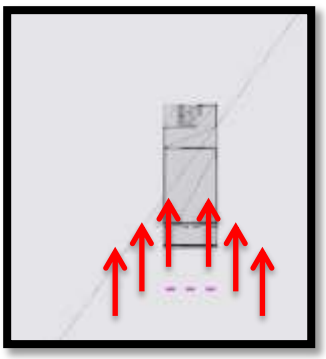
Pada analisis simulasi di Gambar 12–15 terdapat data pergerakan udara terhadap ruang dalam sebelum menggunakan teknologi *honeycomb air cooler* dengan suhu luar ruangan sebesar 35°C dan setelah masuk ke dalam ruangan menurun menjadi 32°C sehingga perlu dimaksimalkan dalam pendinginan ruangan untuk mencapai kenyamanan termal sesuai dengan standar SNI yaitu 26°C.



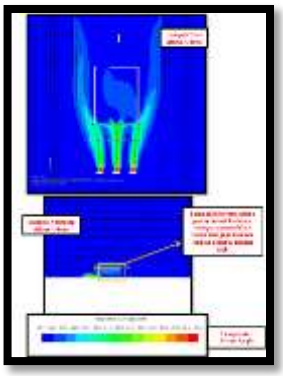
Gambar 16. Model konsep sample *honeycomb air cooler* Ansys



Gambar 17. Model konsep sample bukaan sirkulasi Ansys



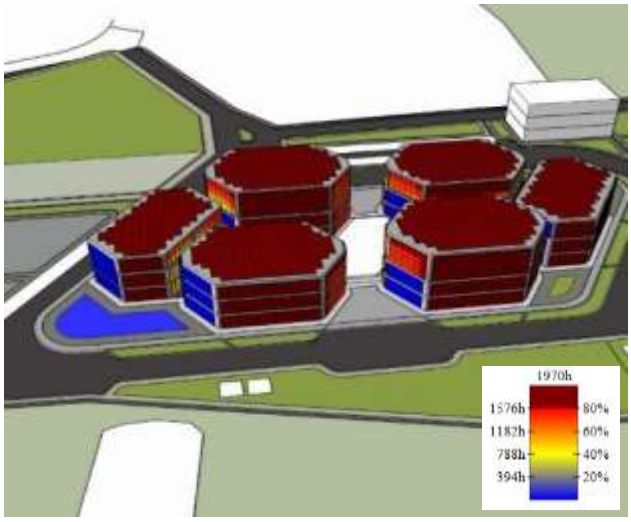
Gambar 18. Simulasi analisis gerakan udara terhadap gedung



Gambar 19. Simulasi analisis penurunan suhu udara terhadap gedung

Pada Gambar 16–19 di gambar simulasi Ansys telah menerapkan teknologi *honeycomb air cooler* sehingga kita dapat suatu gambaran analisis penurunan suhu ruangan mendekati suhu standar hangat nyaman pada Gedung di negara tropis yaitu 27 °C sehingga kita bisa dapat kan kenyamanan termal dengan energi yang lebih irit dan efisien.

Sun hour on building (*Sun Hour Sketch Up*)



Gambar 20. Simulasi analisis banyaknya paparan sinar matahari terhadap gedung

Dari hasil simulasi *software sun hour* didapatkan bahwa pola untuk penempatan terbaik *honeycomb air cooler* area yang biru terpapar sinar matahari sebanyak 20% atau 394 jam dalam satu tahun, bagian yang berwarna kuning terpapar sinar matahari sebanyak 40% atau 788 jam dalam satu tahun, bagian yang berwarna oranye terpapar sinar matahari sebanyak 60% atau 1182 jam dalam satu tahun, bagian yang berwarna merah terpapar sinar matahari sebanyak 80% atau 1576 jam dalam satu tahun, maka dari itu harus ada penyesuaian bukaan dan *skin* pada fasad yang akan dirancang (Gbr. 20).

Tabel 5. Tabel elaborasi hasil eksperimen perancangan *Honeycomb aircooler*

Variabel	Fasad normal	Fasad dengan *honeycomb* (eksperimen)	Fasad dengan *honeycomb* (Ansys CFD)	Standar kenyamanan ruang (SNI)
Suhu	37°C	32°C	27°C	31°C
Tingkat kenyamanan	Tidak nyaman	Mendekati ambang atas	Nyaman	Ambang atas nyaman

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan sistem *honeycomb facade* dapat menurunkan suhu udara dalam ruang hingga 5°C dibandingkan fasad konvensional. Selain itu, pola ventilasi silang meningkat sebesar 32%, yang secara langsung mengurangi penggunaan AC hingga 28% dalam skenario musim panas (Tabel 5).

Honeycomb facade juga terbukti efektif dalam mengurangi *thermal bridging*, terutama pada dinding timur dan barat. Secara visual, elemen *honeycomb* turut memperkaya tampilan arsitektural bangunan sekaligus mempertahankan kesan ringan dan terbuka. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya oleh Kharrufa dan Noori [12] serta Hasse *et al*. [15].

Kesimpulan

Penerapan sistem *Honeycomb Aircooler* pada fasad bangunan pelayanan publik terbukti efektif dalam meningkatkan kenyamanan termal secara pasif, memperkuat strategi *green building*, serta mengurangi kebutuhan energi pendingin aktif di iklim tropis Indonesia. *Honeycomb facade* tidak hanya berfungsi sebagai elemen teknis, melainkan juga berpotensi memperkaya kualitas estetika dan identitas arsitektur tropis.

Implikasi dari penelitian ini membuka peluang pengembangan lebih lanjut konsep *breathing architecture* yang adaptif, efisien, dan ramah lingkungan pada bangunan pelayanan publik di masa depan.

Daftar Pustaka

[1] M. Szokolay, *Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design*, 4th ed. Routledge, 2014.

[2] ASHRAE, *ANSI/ASHRAE Standard 55-2017: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, ASHRAE, 2017.

[3] U.S. Green Building Council, *LEED Reference Guide for Building Design and Construction, USGBC*, 2013.

[4] D. Watson and M. Labs, *Time-Saver Standards for Architectural Design Data*, McGraw-Hill, 2001.

[5] C. A. Balaras *et al*., "Energy conservation potential, HVAC installations and operational issues in Hellenic public buildings," *Energy and Buildings*, vol. 35, no. 11, pp. 1105-1120, 2003, doi: 10.1016/j.enbuild.2003.09.006.

[6] S. M. Szokolay, *Environmental Science Handbook for Architects and Builders*, Wiley, 1980.

[7] E. Prianto and P. Depecker, "Optimization of architectural design elements in tropical humid region with thermal comfort approach," *Energy and Buildings*, vol. 35, no. 3, pp. 273-280, 2003, doi: 10.1016/S0378-7788(02)00089-0.

[8] D. Al-Shamkhee, A. B. Al-Aasam, A. H. A. Al-Waeli, G. Y. Abusaibaa, and H. Moria, "Passive cooling techniques for ventilation: an updated review," *Renewable Energy and Environmental Sustainability*, vol. 7, 23, 2022, doi: 10.1051/rees/2022011.

[9] J. Holzer, *Facade Construction Manual*, Birkhäuser Architecture, 2015.

[10] J. Cook, *Passive Cooling of Buildings*, McGraw-Hill, 1989.

[11] M. Nagasue, T. Araki, dan T. Kodama, "A Systematic Review of Passive Cooling Methods in Hot Climates," *Sustainability*, vol. 16, no. 4, 1420, 2024, doi: https://doi.org/10.3390/su16041420.

[12] S. N. Kharrufa and F. Noori, "A Review of Thermal Design for Buildings in Hot Climates," *Pertanika Journal of Science & Technology*, vol. 30, no. 1, pp. 813–839, Jan. 2022, doi: 10.47836/pjst.30.1.45.

[13] R. Lapisa, A. Karudin, F. Rizal, Krismadinata, dan Nasruddin, "Passive cooling strategies in roof design to improve the residential building thermal performance in tropical region," *Asian Journal of Civil Engineering*, vol. 20, no. 4, pp.

571–580, 2019, doi: 10.1007/s42107-019-00125-1.

[14] F. J. Martínez-Martín and A. P. Thrall, Honeycomb core sandwich panels for origami-inspired deployable shelters: Multi-objective optimization for minimum weight and maximum energy efficiency, *Engineering Structures*, vol. 69, pp. 158-167, 2014, doi: 10.1016/j.engstruct.2014.03.012

[15] C. Hasse, M. Grenet, A. Bontemps, R. Dendievel, and H. Sallée, "Realization, test and modelling of honeycomb wallboards containing a Phase Change Material", *Energy and Buildings*, vol. 43, no. 1, pp. 232-238, 2011,doi: 10.1016/j.enbuild.2010.09.017.

[16] Data iklim Kota Depok, Parsial data Kota Depok, Available: wheaterspark.com.

[17] Standar Nasional Indonesia SNI 6389:2011 (SNI), *Konservasi Energi Selubung Bangunan Pada Bangunan Gedung*. Jakarta, 2011.