

# Temperature Reduction Performance and Economic Value of Aluminum Mini Louvers

Alexander Rani Suryandono<sup>1\*</sup>, Lutfia Nuri Novitasari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Arsitektur dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jalan Grafika No 2 Yogyakarta 55281

\*Penulis Korespondensi: alexanderr@ugm.ac.id

---

**Abstract:** Increasing energy consumption for space cooling is a global issue. One of the solutions is passive design through the application of affordable shading elements in the building envelope. This study examines the effect on indoor temperature and the economic value of L-shaped mini louvers made of aluminum in Yogyakarta, Indonesia using experimental method. Wooden boxes were constructed for experiment, with one side facing west using glass. One box without shading was used for base case. The other three has mini-louvers shading, with the ratio of shading and gap among louvers of 1:1, 1:2, and 1:3. Temperature data logger was put inside each model to record indoor temperature for a certain period. The experimental results show that the use of L-shaped aluminum mini louvers decreased the inside temperature of the experimental models. The average temperature can be reduced from 1.5 to 2.1 °C in comparison with the base case. These mini louvers can also reduce peak temperature during experiment period from 3.1 to 3.7 °C. Assessed from economic value of the construction cost, model D with the ratio of 1:3 was the best since it only required Rp. 14,658.00 to reduce 1°C of indoor temperature.

**Keywords:** cooling energy; passive design; shading; louvers; experiments

---

## Kinerja Penurunan Suhu dan Nilai Ekonomi Kisi-kisi Mini Aluminium

**Abstrak:** Peningkatan konsumsi energi untuk pendinginan ruang merupakan isu global. Salah satu solusinya adalah desain pasif melalui penerapan elemen peneduh yang terjangkau pada selubung bangunan. Penelitian ini mengkaji pengaruh suhu dalam ruangan dan nilai ekonomi kisi-kisi mini berbentuk L yang terbuat dari aluminium di Yogyakarta, Indonesia menggunakan metode eksperimental. Eksperimen menggunakan kotak kayu dengan satu sisi menghadap ke barat menggunakan kaca. Satu kotak tanpa peneduh digunakan untuk perbandingan dasar. Tiga lainnya memiliki peneduh mini-louver, dengan perbandingan peneduh dan jarak antar kisi-kisi 1:1, 1:2, dan 1:3. Pencatat data suhu dimasukkan ke dalam setiap model untuk mencatat suhu dalam ruangan selama periode percobaan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa penggunaan kisi-kisi mini aluminium berbentuk L menurunkan suhu ruang dalam model percobaan. Suhu rata-rata dapat dikurangi dari 1,5 menjadi 2,1 °C dibandingkan dengan kondisi tanpa peneduh. Kisi-kisi mini ini juga dapat menurunkan suhu puncak selama periode percobaan dari 3,1 menjadi 3,7 °C. Dilihat dari nilai keekonomiannya, model D dengan perbandingan 1:3 merupakan peneduh terbaik karena hanya membutuhkan Rp. 14.658,00 untuk menurunkan suhu ruangan sebesar 1°C.

**Kata kunci:** energi pendinginan; desain pasif; peneduh; kisi-kisi; percobaan

---

Artikel diterima : 14 November 2023

Artikel diperiksa : 15 Januari 2024

Artikel disetujui : 20 Februari 2024

Artikel dipublikasikan : 20 Februari 2024

## 1. Latar Belakang

International Energy Agency melaporkan bahwa terjadi peningkatan konsumsi energi global hampir dua kali lipat selama tiga dekade terakhir

(International Energy Agency, 2022). Kecepatan peningkatan kebutuhan energi untuk pendingin ruangan, yaitu sekitar 4% per tahun sejak tahun 2000, dua kali lebih tinggi dibandingkan kebutuhan energi untuk penerangan dan pemanas udara. 70% dari total penggunaan pendingin ruangan di seluruh dunia berasal dari bangunan tempat tinggal. Apalagi dengan fenomena pandemi Covid - 19 yang telah membentuk budaya bekerja dan belajar dari rumah, berkontribusi terhadap peningkatan kebutuhan energi untuk pendingin ruangan sebesar 1% atau sekitar 1.885 TWh secara global; dengan peningkatan bangunan tempat tinggal sebesar 2%.

Peningkatan konsumsi energi untuk pendinginan ruang disebabkan oleh lima faktor yang telah dijelaskan oleh (International Energy Agency, 2017). Faktor pertama adalah meningkatnya kondisi perekonomian di berbagai negara yang membuat semakin banyak masyarakat yang mampu membeli AC. Kemudian pertumbuhan penduduk di wilayah beriklim panas menjadi faktor kedua. Hal ini diperparah dengan migrasi penduduk dari negara-negara beriklim dingin ke panas. Iklim adalah faktor ketiga. Peningkatan suhu yang terus menerus di seluruh dunia terjadi akibat perubahan iklim dan fenomena Urban Heat Island. Desain dan konstruksi bangunan, sebagai faktor keempat, juga mempengaruhi besarnya konsumsi energi pendingin ruangan; melalui peralihan ke penggunaan material ringan dengan massa termal rendah, banyaknya lapisan kaca pada bangunan, dan kurangnya aplikasi pendinginan pasif pada bangunan. Faktor terakhir adalah penggunaan perangkat elektronik yang menghasilkan panas saat beroperasi.

Konsumsi energi pendingin ruangan merupakan masalah besar di negara-negara dengan iklim panas dengan perkembangan ekonomi dan pertumbuhan penduduk yang pesat. Di Asia Tenggara, Indonesia menempati posisi teratas dalam hal penggunaan energi. (International Energy Agency, 2022) mencatat total konsumsi energi di Indonesia sejak tahun 1990 hingga 2019 sebesar 37.062.399 TJ. Sektor perumahan sebagai penyumbang terbesar menyumbang 13.408.781 TJ, meskipun terjadi penurunan penggunaan energi pendingin ruangan mencapai 978.646 TJ dari tahun 2005 hingga tahun 2019.

Penggunaan AC cenderung terjadi di kota-kota besar, termasuk Yogyakarta yang dipilih sebagai lokasi penelitian. Berdasarkan laporan Bank Indonesia (2021), perekonomian D.I. Yogyakarta mengalami peningkatan sebesar 6,14% pada tahun 2021. (BPS Indonesia, 2020) juga melaporkan adanya peningkatan laju pertumbuhan penduduk sebesar 0,58% per tahun sejak tahun 2010 hingga tahun 2020. Apalagi sesuai judul yang dimiliki oleh D.I. Yogyakarta yaitu Kota Pelajar sekaligus Kota Kebudayaan dan Pariwisata tentunya menjadi daya tarik bagi pendatang baru untuk menetap baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Aktivitas penghuni berbanding lurus dengan besarnya konsumsi energi pendingin ruangan.

Jumlah penggunaan alat pendingin ruangan (*Air Conditioning/AC*) diproyeksikan meningkat sebesar 40% pada tahun 2030. Hal ini dipicu oleh berbagai faktor; peningkatan standar hidup, pertumbuhan populasi, kondisi gelombang panas yang ekstrim. Selain meningkatkan efisiensi rata-rata unit

pendingin udara sebesar 50% pada tahun 2030, diperlukan juga desain bangunan yang lebih baik melalui 20% luas lantai bangunan untuk pendinginan agar target Net Zero Emission dapat tercapai pada tahun 2050. Beberapa strategi desain bangunan untuk mengurangi konsumsi energi meliputi: memperbaiki isolasi termal, mengurangi kebocoran udara, dan meningkatkan elemen peneduh atau peneduh bangunan melalui selubung bangunan. Menurut Badan Energi Internasional, penerapan desain pasif adalah solusi yang paling terjangkau. Gielen menekankan pentingnya transisi desain elemen selubung bangunan menjadi lebih hemat energi guna mewujudkan pembangunan berkelanjutan (Gielen et al., 2019).

Beberapa penelitian terkait penerapan desain pasif dan evaluasi terhadap performanya telah dilakukan. Kusuma (Kusuma et al., 2022) berhasil mendapatkan 20 strategi desain pasif untuk bangunan menggunakan aplikasi Climate Consultant. Khidmat (Khidmat et al., 2020) melakukan investigasi peran komponen fasad untuk mencapai kondisi ideal dari *Operative Temperature*, *View Percentage*, *Daylight Simulation*, *Surface Temperature*, *Sun Hours Simulation* melalui simulasi dan pemodelan komputer. Penerapan *louver blind* sebagai elemen peneduh pada selubung bangunan dikatakan efektif dalam mengurangi konsumsi energi dari AC (Bellia et al., 2013; Palmero-Marrero & Oliveira, 2010; Tan et al., 2020). Selain itu, desain dan pengoperasian kisi-kisi juga dapat meningkatkan kualitas ruang (Carletti et al., 2016; Jiang et al., 2020; Tzempelikos, 2008). Penyerapan dan refleksi radiasi matahari langsung, serta pertukaran panas radiasi konvektif dan gelombang panjang antara selubung bangunan dan lingkungan sekitar yang terhalang merupakan efek utama penerapan kisi-kisi pada konsumsi energi bangunan dan kondisi termal ruang (Jiang et al., 2020). Beberapa penelitian terkait penerapan kisi-kisi untuk elemen peneduh pada selubung bangunan dengan menggunakan simulasi karena dianggap praktis (Ballestini et al., 2005; Guo et al., 2020) telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan pada berbagai aspek fisik; seperti pendingin atau pemanas ruangan, aliran udara alami, dan pencahayaan alami.

(Pourshab et al., 2020) melakukan penelitian mengenai keberadaan louver sebagai perangkat peneduh di dalam *double skin façade* (DSF) untuk memberikan kenyamanan termal dan mengurangi konsumsi energi untuk AC selama musim panas. Panas berlebih yang terperangkap di antara kedua selubung bangunan dinilai menjadi pemicu memperkuat aliran udara alami antar lantai gedung pada gedung perkantoran yang beriklim panas dan gersang. Louver dengan susunan horizontal dan vertikal diuji karena masing-masing jenis alat peneduh mempunyai pengaruh yang signifikan dan cukup kuat terhadap perilaku aliran udara yang dihisap dari lantai bangunan dan laju perpindahan panas pada selubung bangunan. Gaya apung pada rongga tempat disusunnya kisi-kisi horizontal terbukti lebih kuat, dan tingkat aliran udara pada lantai bangunan lebih tinggi jika dibandingkan dengan tipe kisi-kisi vertikal. Aliran konvektif dan fluks panas pada kaca interior pada rongga dengan kisi-kisi horizontal lebih tinggi dibandingkan dengan kisi-kisi vertikal.

(Y. Tao et al., 2021) menguji efek yang dihasilkan kisi-kisi pada selubung bangunan ganda berventilasi alami dengan sudut kisi-kisi yang dapat dioperasikan antara  $30^\circ$  hingga  $150^\circ$ , sudut matahari bervariasi ( $10^\circ - 80^\circ$ ), radiasi matahari  $50-100 \text{ W/m}^2$ , dan bahan selubung bangunan berupa kaca bening dan kaca dengan emisivitas rendah. Perbandingan dengan bangunan selubung ganda tanpa kisi-kisi juga dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut yang dapat mengoptimalkan aliran udara alami adalah  $45^\circ$ . Berdasarkan hasil perbandingan dengan selubung bangunan ganda tanpa kisi-kisi, terjadi peningkatan aliran udara alami sebesar  $14,4\%$  dengan material kaca bening pada kedua sisi selubung bangunan dan  $9,7\%$  pada material kaca bening dan kaca dengan emisivitas rendah.

(Q. Tao et al., 2020) juga meneliti pengembangan model termal dan optik baru untuk menghitung perolehan panas bangunan dengan kisi-kisi. Model baru ini dapat menganalisis perpindahan panas melalui selubung bangunan dengan kisi-kisi secara detail dan memberikan hasil yang lebih akurat. Hasilnya menunjukkan bahwa jika dibandingkan dengan model yang digunakan pada ISO 15099 dan EnergyPlus, model baru memiliki akurasi yang lebih baik. Temuan ini juga diuji pada kasus nyata, yaitu di zona gedung perkantoran dengan kisi-kisi di Xiamen. (Suryandono et al., 2020) meneliti manfaat lingkungan dan ekonomi dari kisi-kisi mini untuk mengurangi beban pendinginan bangunan tempat tinggal di Jakarta. Mereka menyimpulkan bahwa kisi-kisi mini horizontal dapat mengurangi energi pendinginan sebesar  $7 - 18\%$  untuk semua orientasi, dan waktu pengembalian modal kurang dari satu tahun untuk orientasi barat.

Penggunaan louver pada gedung perkantoran juga berpotensi menghemat energi penerangan. (Eltaweel et al., 2021) menyelidiki sistem kisi-kisi otomatis menggunakan kontrol parametrik yang mampu merespons pergerakan matahari. Sistem yang diusulkan dihubungkan ke papan Arduino sederhana yang kemudian divalidasi menggunakan aktuator untuk kontrol putaran. Validasi penting untuk menilai kinerja sistem. Perangkat lunak pemodelan parametrik belalang dan prototipe fisik digunakan untuk proses validasi. Louver parametrik pada prototipe 1:20 menghasilkan distribusi cahaya yang relatif seragam; berkisar antara  $1450$  hingga  $1140 \text{ lx}$  untuk langit cerah,  $1211$  hingga  $785 \text{ lx}$  untuk kondisi langit sedang, dan  $292$  hingga  $411 \text{ lx}$  untuk langit berawan. Kisaran iluminasi kisi-kisi parametrik pada prototipe 1:1 adalah  $600$  hingga  $305 \text{ lx}$ , cukup stabil jika dibandingkan tirai konvensional sebesar  $785$  hingga  $171 \text{ lx}$ . Kedua hasil pengujian tersebut menghasilkan distribusi sinar matahari yang merata, sehingga sistem kisi-kisi otomatis dapat menjadi alternatif pencahayaan yang efisien.

Berbagai jenis bahan pembentuk kisi-kisi untuk selubung bangunan telah dikembangkan, seperti (Chen et al., 2022) yang melakukan uji eksperimental pada jendela kisi-kisi fotovoltaik atau panel surya. Sudut kemiringan dan jarak kisi-kisi dapat diatur sesuai dengan sudut elevasi matahari dan cuaca pada bulan yang berbeda. Kualitas pencahayaan alami yang dihasilkan oleh kisi-kisi fotovoltaik dan karakteristik konversi fotolistrik menjadi tujuan penelitian ini.

Perubahan jarak antar kisi-kisi slat berdampak signifikan terhadap penghematan listrik dibandingkan sudut kemiringannya. Konsumsi listrik kisi-kisi fotovoltaik dengan jarak slat 35 mm lima kali lebih banyak dibandingkan dengan jarak slat 175 mm. Energi listrik terendah dengan kualitas pencahayaan dalam ruangan terbaik terdapat pada bulan sebelum dan sesudah bulan Juni, dengan pendapatan listrik antara 9,18 hingga 22,46 kWh dan intensitas pencahayaan 450 - 2000 lux.

Pengembangan aplikasi louver juga dilakukan oleh (Alsukkar et al., 2022) yang mengusulkan sistem split louver dengan studi kasus pada ruang perkantoran setinggi 8 meter di Yordania yang berorientasi ke arah selatan. Kontrol parametrik terjadwal pada sudut louver slat atas dan bawah dilakukan untuk mengarahkan distribusi sinar matahari guna mencapai kenyamanan visual. Kombinasi yang paling optimal mencapai tingkat keseragaman hingga 0,60 dengan persentase cakupan di UDI 150 hingga 750 lux antara 90% hingga 100% pada siang hari dan tidak kurang dari 50% sepanjang sisa jam kerja dalam satu tahun. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan kisi-kisi terpisah dengan sistem kendali parametrik otomatis dapat memberikan pencahayaan alami yang lebih baik, dan praktis untuk diterapkan.

Penelitian mini louver dengan menggunakan aluminium berprofil L ini merupakan salah satu alternatif solusi yang ditawarkan untuk mengurangi suhu ruang dalam yang pada akhirnya berakibat pada penurunan konsumsi energi untuk mendinginkan ruang. Elemen peneduh yang dirancang dapat dibuat dengan teknologi sederhana dan diterapkan pada bangunan baru maupun lama. Untuk menguji performa dan nilai ekonomis peneduh mini louver dilakukan penelitian dengan metode eksperimental.

## 2. Metode penelitian

### 2.1. Metode Pengumpulan Data

Eksperimen fisik dilakukan untuk mengumpulkan data dalam penelitian ini. Empat kotak dengan masing-masing dimensi panjang 600 mm, lebar 300 mm, dan tinggi 600 mm dibuat sebagai model percobaan untuk mengukur suhu dalam ruangan. Rangka kotak terbuat dari besi dengan kaca 3 mm pada bidang depannya, sedangkan bidang lainnya terbuat dari multipleks dengan ketebalan 12 mm. Salah satu kotak digunakan sebagai patokan, sehingga tidak memiliki alat peneduh. Ini adalah model A. Tiga kotak lainnya memiliki alat peneduh berupa mini louver aluminium berbentuk L yang dipasang pada permukaan kaca dengan perbandingan jarak 1:1 (Model B), 1:2 (Model C), dan 1:3 (Model D) masing-masing. Profil aluminium berbentuk L pada percobaan ini mempunyai ukuran 10 x 10 mm. Rasio 1:1 berarti jarak antar kisi-kisi mini adalah 10 mm atau sama dengan lebar satu profil aluminium berbentuk L. Perbandingan 1:2 mempunyai jarak 20 mm dan perbandingan 1:3 berjarak 30 mm (Gambar 1). Aluminium dipilih sebagai bahan peneduh dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan yang luas, harga yang relatif terjangkau, konstruksi yang sederhana sehingga tidak memerlukan keahlian khusus dalam menata dan

membangunnya. Selain itu, diperlukan biaya perawatan yang rendah.



**Gambar 1.** Model yang digunakan untuk eksperimen, dari kiri ke kanan: model B, model C, model D dan model A (kiri).

Potongan skematik model (kanan)

Sumber: Suryandono dan Novitasari 2022

Keempat model percobaan ditempatkan di luar ruangan dan terkena matahari langsung dengan orientasi ke barat. Lokasi percobaan berada di area parkir Jurusan Arsitektur dan Perencanaan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Area tersebut dipilih dan diamankan sehingga tidak ada hambatan dari benda-benda di sekitarnya dalam waktu percobaan yang ditentukan. Orientasi bukaan kaca ke arah barat dipilih untuk memperoleh sinar matahari langsung yang paling tinggi. Pengambilan data suhu dilakukan dengan menggunakan *temperature data logger* yang dimasukkan ke dalam masing-masing model percobaan, berjarak sekitar 3 cm dari sisi timur bidang dengan posisi di tengah (lihat Gambar 3). Data logger suhu yang digunakan pada percobaan ini adalah Elitech tipe RC-5+ yang telah dikalibrasi dengan akurasi  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  dan resolusi  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Model diletakkan di area percobaan selama 21 hari dengan interval pencatatan data logger suhu yang diatur setiap 10 menit, sehingga menghasilkan 3024 rekaman data suhu setiap model percobaan.



**Gambar 2.** Peletakan model eksperimen (kiri)  
Peletakan *temperature data logger* di dalam model (kanan)  
Sumber: Suryandono dan Novitasari 2022

## 2.2. Metode Analisis Data.

Percobaan dilakukan untuk menentukan suhu ruangan pada masing-masing model dengan interval 10 menit, artinya data logger suhu mencatat kondisi suhu setiap 10 menit. Selang waktu tersebut ditentukan dengan mempertimbangkan perubahan kondisi cuaca yang cukup sering terjadi pada saat percobaan berlangsung, dan juga musim hujan di Indonesia sehingga diperoleh catatan suhu yang lebih banyak. Keseluruhan percobaan berlangsung selama 21 hari, mulai 25 Oktober hingga 14 November 2022 dalam waktu 24 jam. Data pencatatan suhu kemudian diambil berdasarkan kondisi cuaca dan waktu pengambilan data. Pemilihan hari saat kondisi cuaca cerah bertujuan untuk mengetahui kinerja alat peneduh yang paling optimal yaitu diperoleh selama 7 hari. Pemilihan rentang waktu yaitu pukul 13.00 hingga 16.00 WIB ditentukan berdasarkan orientasi model percobaan yang menghadap ke barat, sehingga terkena radiasi matahari lebih banyak dibandingkan waktu lainnya.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Hasil percobaan.

Hasil percobaan yang sesuai kriteria direkapitulasi dan dianalisis. Tabel 1 memuat data suhu rata-rata dan tabel 2 memperlihatkan data suhu tertinggi selama 7 hari. Model A menunjukkan hasil titik data suhu pada model eksperimen tanpa perangkat peneduh yang juga menjadi kasus dasar dalam eksperimen ini. Model B menunjukkan hasil pencatat suhu yang ditempatkan pada model percobaan dengan alat peneduh mini kisi-kisi aluminium berbentuk L dengan perbandingan ukuran terhadap celah bukaan 1:1 atau 10 mm, model C dengan perbandingan alat peneduh 1:2 atau bukaan 20 mm, dan model D dengan

jarak perangkat peneduh 1: 3 atau 30 mm bukaan antar kisi-kisi mini.

**Tabel 1.** Suhu rerata ruang dalam model

	Hari ke-1	Hari ke- 2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-6	Hari ke-7
Model A	31,7	36,4	29,8	29,3	37,9	32,0	31,4
Model B	29,9	32,6	28,0	28,6	34,3	30,6	30,9
Model C	30,1	33,5	28,2	27,9	35,2	30,6	30,9
Model D	30,4	33,6	28,4	28,1	35,3	31,0	31,3

**Tabel 2.** Suhu tertinggi ruang dalam model

	Hari ke-1	Hari ke- 2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-6	Hari ke-7
Model A	33,8	37,6	31,3	30,5	37,9	34,2	35,7
Model B	31,4	33,7	29,0	28,2	34,3	32,3	29,7
Model C	31,7	34,3	29,3	28,7	35,2	32,2	29,8
Model D	32,0	34,3	29,5	28,9	35,3	32,8	30,1

### 3.2. Biaya konstruksi.

Selain hasil perbandingan catatan suhu pada model percobaan dengan dan tanpa alat peneduh, nilai ekonomis penerapan alat peneduh juga dianalisis dalam penelitian ini. Hal ini dilakukan untuk menentukan jenis alat peneduh yang memiliki kinerja paling optimal berdasarkan pertimbangan ekonomis. Harga profil alumunium bentuk L ukuran 1 × 1 cm di Yogyakarta adalah Rp. 30.000,00 per batang dengan panjang enam meter. Model percobaan mempunyai lebar 30 cm, sehingga satu batang dapat menjadi 20 profil alumunium berbentuk L yang lebih kecil dengan harga Rp 1.500,00 /batang. Profil alumunium berbentuk L dipasang pada model percobaan dengan menggunakan *double tape PE foam* dengan biaya Rp. 20.000,00 /gulung dengan ukuran 24 mm × 5 m. Setiap batang profil alumunium berbentuk L membutuhkan *double tape* sepanjang 2 cm, dengan nilai Rp. 80,00. Biaya totalnya sekitar Rp. 1.580,00 untuk memasang satu batang profil alumunium berbentuk L.

Model A sebagai pembanding tidak menggunakan elemen peneduh. Model B, dengan kisi-kisi mini aluminium berbentuk L dengan perbandingan 1:1 atau 10 mm, membutuhkan 27 batang profil untuk menutupi seluruh permukaan kaca model percobaan yang berukuran 60 cm. Biaya yang dibutuhkan untuk membuat alat peneduh tipe B adalah Rp. 42.660,00. Model C membutuhkan 18 batang profil aluminium dengan harga total Rp. 28.440,00. Model D memiliki sejumlah profil mini louver aluminium berbentuk L yang tidak jauh berbeda dengan Model C, yakni 14 batang dengan harga total Rp. 22.120,00.

### 3.3. Pembahasan.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa semua model dengan kisi-kisi mini



aluminium berbentuk L memiliki suhu dalam ruangan lebih rendah dibandingkan model casing dasar tanpa perangkat peneduh. Suhu rata-rata kasus dasar dari percobaan 7 hari adalah 32,7 °C. Model B dengan kepadatan tertinggi kisi-kisi mini aluminium berbentuk L memperoleh suhu rata-rata terendah. Model B dapat menurunkan suhu dalam ruangan hingga 30,6°C pada percobaan, diikuti oleh model C (30,9 °C) dan model D (31,1 °C). Artinya terdapat perbedaan sekitar 1,5 hingga 2,1 °C dari model dengan perangkat peneduh dengan casing dasar.

Mirip dengan suhu rata-rata 7 hari. Suhu puncak dalam ruangan juga dipotong dari model A, dengan model B memiliki performa terbaik di antara model lainnya. Selama percobaan, model A menunjukkan suhu 39,2 °C, model B 35,5 °C, model C 36°C, dan model D 36,1 °C. Berdasarkan data percobaan, perangkat peneduh yang mempunyai kinerja terbaik dalam menurunkan suhu dalam ruangan adalah model B; baik dalam kondisi suhu rata-rata dan puncak dalam waktu 7 hari. Sebaliknya, perangkat peneduh pada model D menunjukkan kinerja penurunan suhu dalam ruangan yang paling buruk di antara model lainnya.

Namun dari segi biaya konstruksi, kisi-kisi mini aluminium berbentuk L model D paling terjangkau karena memerlukan biaya konstruksi paling sedikit. Model B membutuhkan biaya konstruksi paling mahal, dengan jumlah material hampir dua kali lipat dibandingkan model D. Hal ini disebabkan oleh kepadatan profil aluminium berbentuk L yang juga paling tinggi. Untuk menentukan nilai ekonomi dari perangkat peneduh yang diusulkan, harga pengurangan suhu rata-rata dalam ruangan sebesar 1°C dihitung dengan membandingkan hasil percobaan dengan biaya konstruksi. Tabel 1 menunjukkan kinerja semua model.

**Tabel 1.** Kinerja model berdasar perbandingan penurunan rerata suhu dengan biaya konstruksi

	Penurunan rerata suhu (°C)	Biaya konstruksi (Rp.)	Kinerja (Rp./1°C penurunan suhu)
Model A	-	-	-
Model B	2.1	42.660	20.365
Model C	1.7	28.440	16.283
Model D	1.5	22.120	14.658

Penentuan kinerja dengan pertimbangan penurunan suhu rerata ruang dalam kotak kayu dan biaya konstruksi peneduh, model kisi-kisi mini aluminium berbentuk L yang paling optimal adalah model D. Meskipun model D hanya dapat menurunkan suhu 1,5°C selama periode percobaan dan menjadi yang terburuk di antara model-model lainnya, model tersebut adalah perangkat peneduh termurah. Model D hanya membutuhkan Rp. 14.658,00 untuk menurunkan 1°C suhu rata-rata dalam ruangan. Model B menjadi yang

berkinerja terburuk dengan membutuhkan Rp. 20.365,00 untuk mengurangi 1°C suhu rata-rata dalam ruangan. Model B memiliki biaya konstruksi Rp. 5.707,00 lebih mahal dari model D. Sementara model C memiliki kinerja di antara model B dan D. Model C dengan perbandingan jarak antar kisi-kisi dan bukaan 1:2 membutuhkan biaya konstruksi Rp. 28.440 ,00 dan dapat menurunkan suhu rerata ruang dalam kotak eksperimen sebesar 1,7°C selama masa penelitian. Berarti untuk menurunkan suhu 1°C, model C membutuhkan biaya sekitar Rp. 16.283,00, Rp. 1.625 ,00 lebih mahal dari model terbaik.

#### 4. Kesimpulan

Penggunaan kisi-kisi mini aluminium berbentuk L pada permukaan kaca dapat menurunkan suhu dalam ruangan pada model eksperimental secara signifikan. Pada orientasi ke barat, perangkat peneduh dapat mengurangi suhu sekitar 1,5 hingga 2,1 °C dibandingkan dengan model dasar. Jarak antara kisi-kisi mini aluminium berbentuk L mempengaruhi kemampuan perangkat peneduh untuk mengurangi suhu dalam ruangan. Semakin rapat kisi-kisi mini, semakin besar penurunan suhunya. Jarak 1:1 atau 10 mm pada model tipe B kisi-kisi mini aluminium berbentuk L mempunyai kemampuan maksimal dalam menurunkan suhu dalam ruangan, disusul model tipe C dengan jarak 1:2 (20mm) dan model tipe D dengan jarak 1:3 (30 mm). Dari segi biaya, jenis alat peneduh pada model eksperimen D paling terjangkau. Namun ditinjau dari kinerja kemampuan menurunkan suhu ruangan dan keterjangkauan biaya konstruksi, model D paling optimal, karena membutuhkan biaya paling sedikit untuk menurunkan suhu. Kesimpulannya, meskipun ukurannya kecil, kisi-kisi mini aluminium berbentuk L merupakan alternatif desain pasif yang terjangkau untuk membantu mengurangi suhu dalam ruangan.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Departemen Teknik Arsitektur dan Perencanaan Universitas Gadjah Mada yang membiayai dan menyediakan tempat untuk melakukan penelitian kinerja kisi-kisi mini aluminium yang ditinjau dari segi penurunan suhu ruang dan nilai ekonomi.

#### 6. Daftar Pustaka

- Alsukkar, M., Hu, M., Eltaweel, A., & Su, Y. (2022). Daylighting performance improvements using of split louver with parametrically incremental slat angle control. *Energy and Buildings*, 274, 112444. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112444>
- Ballestini, G., De Carli, M., Masiero, N., & Tombola, G. (2005). Possibilities and limitations of natural ventilation in restored industrial archaeology buildings with a double-skin façade in Mediterranean climates. *Building and Environment*, 40(7), 983–995. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.09.015>

- Bellia, L., De Falco, F., & Minichiello, F. (2013). Effects of solar shading devices on energy requirements of standalone office buildings for Italian climates. *Applied Thermal Engineering*, 54(1), 190–201. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.01.039>
- BPS Indonesia. (2020). STATISTIK INDONESIA 2020. In *Statistik Indonesia 2022* (Vol. 1101001). <https://www.bps.go.id/publication/2020/04/29/e9011b3155d45d70823c141f/statistik-indonesia-2020.html>
- Carletti, C., Scurpi, F., Pierangioli, L., Asdrubali, F., Pisello, A. L., Bianchi, F., Sambuco, S., & Guattari, C. (2016). Thermal and lighting effects of an external venetian blind: Experimental analysis in a full scale test room. *Building and Environment*, 106, 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.06.017>
- Chen, H., Cai, B., Yang, H., Wang, Y., & Yang, J. (2022). Study on natural lighting and electrical performance of louvered photovoltaic windows in hot summer and cold winter areas. *Energy and Buildings*, 271, 112313. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112313>
- Eltaweel, A., Su, Y., Hafez, M., & Eltaweel, W. (2021). An automated louver with innovative parametrically-angled reflective slats: Prototyping and validation via using parametric control in Grasshopper along with Arduino board. *Energy and Buildings*, 231, 110614. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110614>
- Gielen, D., Boshell, F., Saygin, D., Bazilian, M. D., Wagner, N., & Gorini, R. (2019). The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Reviews*, 24(January), 38–50. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006>
- Guo, W., Kong, L., Chow, T., Li, C., Zhu, Q., Qiu, Z., Li, L., Wang, Y., & Riffat, S. B. (2020). Energy performance of photovoltaic (PV) windows under typical climates of China in terms of transmittance and orientation. *Energy*, 213, 118794. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118794>
- International Energy Agency. (2017). *Energy Insight Brief. Space Cooling: More Access, More Comfort, Less Energy*. <https://webstore.iea.org/insights-brief-space-cooling>
- International Energy Agency. (2022). *Cooling*. <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/cooling>
- Jiang, F., Yuan, Y., Li, Z., Zhao, Q., & Zhao, K. (2020). Correlations for the forced convective heat transfer at a windward building façade with exterior louver blinds. *Solar Energy*, 209(July), 709–723. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.07.014>
- Khidmat, R. P., Ulum, M. S., Lestari, A. D. E., & Fukuda, H. (2020). Optimasi Komponen Fasad Menggunakan Generative Algorithm Studi kasus: ITERA Lampung. *Jurnal Arsitektur*, 10(1), 19. <https://doi.org/10.36448/jaubl.v10i1.1336>
- Kusuma, Y., Nuzir, F. A., & Munawaroh, A. S. (2022). Green Building Performance Assessment with EDGE Building App on Clinic Design

- Implementing Passive Design Strategy from Climate Consultant. *Jurnal Arsitektur*, 12(1), 67–86.
- Palmero-Marrero, A. I., & Oliveira, A. C. (2010). Effect of louver shading devices on building energy requirements. *Applied Energy*, 87(6), 2040–2049. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.11.020>
- Pourshab, N., Tehrani, M. D., Toghraie, D., & Rostami, S. (2020). Application of double glazed façades with horizontal and vertical louvers to increase natural air flow in office buildings. *Energy*, 200, 117486. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117486>
- Suryandono, A. R., Hariyadi, A., & Fukuda, H. (2020). Environmental and economic benefits of Japanese koshi-inspired mini-louvres in residential buildings in Jakarta, Indonesia. *Journal of Facade Design and Engineering*, 8(2), 1–18. <https://doi.org/10.7480/jfde.2020.2.4100>
- Tan, Y., Peng, J., Curcija, C., Yin, R., Deng, L., & Chen, Y. (2020). Study on the impact of window shades' physical characteristics and opening modes on air conditioning energy consumption in China. *Energy and Built Environment*, 1(3), 254–261. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2020.03.002>
- Tao, Q., Jiang, F., Li, Z., & Zheng, J. (2020). A model of heat gain calculation for buildings with shuttle louvers: Verification and a case study. *Journal of Building Engineering*, 29(July 2019), 101101. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101101>
- Tao, Y., Fang, X., Setunge, S., Tu, J., Liu, J., & Shi, L. (2021). Naturally ventilated double-skin façade with adjustable louvers. *Solar Energy*, 225(July), 33–43. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.07.013>
- Tzempelikos, A. (2008). The impact of venetian blind geometry and tilt angle on view, direct light transmission and interior illuminance. *Solar Energy*, 82(12), 1172–1191. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2008.05.014>