

# KAJIAN LITERATUR SISTEMATIS (SLR): BENTUK FASAD BANGUNAN TERHADAP KENYAMANAN TERMAL

## *A Systematic Literature Review (SLR): Building Facade Shade for Thermal Comfort*

Diterima: 20 Februari 2025

Disetujui: 20 Mei 2025

Hepi Duchovny Young<sup>1</sup>, Eddy Prianto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Ilmu Arsitektur & Perkotaan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: [hepi@students.undip.ac.id](mailto:hepi@students.undip.ac.id)

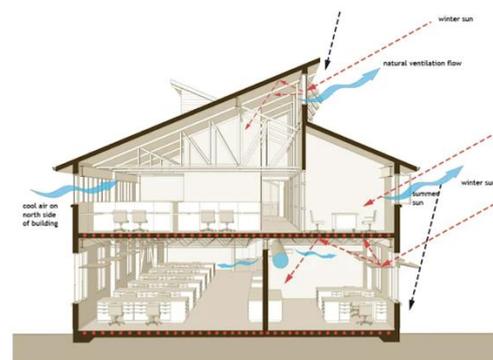
### Abstrak

Mengingat pentingnya efisiensi energi dan adaptasi terhadap perubahan iklim di seluruh dunia, penelitian ini menyelidiki literatur sistematis (SLR) tentang bagaimana bentuk fasad bangunan dalam memengaruhi kenyamanan termal. Tujuannya adalah untuk mempelajari teori, metodologi, dan hasil penelitian sebelumnya serta elemen fasad yang memengaruhi kenyamanan termal. Selain itu, penulis ingin menyelidiki hubungan antara geometri, material, dan kinerja termal fasad. Analisis artikel dilakukan dengan metode SLR dan diambil dari basis data seperti jurnal internasional (Scopus, Google Scholar, Researchgate, dll) dan jurnal nasional berindeks SINTA 1-3. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bentuk fasad yang sederhana dan simetris, penggunaan bahan insulatif dan reflektif, dan penggunaan teknologi baru seperti fasad hijau dan pintar, semua berkontribusi pada kenyamanan termal. Selain itu, orientasi bangunan, rasio jendela-dinding (WWR), dan iklim lokal sangat penting. Fasad yang dapat disesuaikan dengan lingkungan dapat meningkatkan efisiensi energi. Hasil penelitian ini akan membangun suatu pondasi untuk desain fasad yang ramah lingkungan, hemat energi, keberkelanjutan dan tentunya juga kenyamanan termal.

**Kata kunci:** Batam, Efisiensi Energi, Material Fasad, Perubahan Iklim, Termal

### PENDAHULUAN

Penelitian tentang pengaruh bentuk fasad bangunan terhadap kenyamanan termal menjadi semakin penting karena perubahan iklim global (*climate change*) sudah menjadi perhatian dunia internasional dan tuntutan akan bangunan yang hemat energi. Meningkatnya jumlah penelitian yang membahas cara mengoptimalkan desain fasad untuk mengurangi beban pendinginan dan pemanasan, yang pada gilirannya mengurangi jumlah konsumsi energi yang bangunan, mencerminkan fenomena ini masih cukup relevan untuk diteliti lebih mendalam.

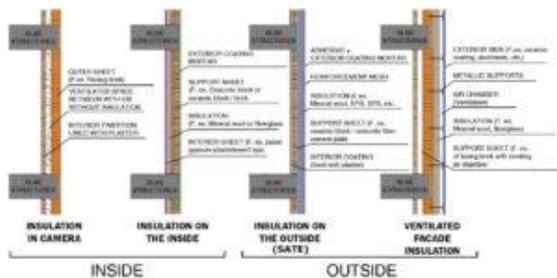


Gambar 1. Ilustrasi pengaruh facade terhadap suhu ruang dalam bangunan

Penelitian ini mengkaji literatur tentang bagaimana bentuk fasad bangunan dalam mempengaruhi kenyamanan termal. Penulis bermaksud untuk memberikan

analisis menyeluruh tentang teori, teknik, dan temuan penelitian sebelumnya yang terkait dengan topik ini. Secara khusus penelitian ini akan mengidentifikasi komponen utama dalam fasad yang mempengaruhi kenyamanan termal. Untuk melihat bagaimana geometri fasad, material, dan kinerja termal berhubungan satu sama lain. Untuk menemukan kelemahan dalam penelitian sebelumnya yang perlu diperbaiki dan diteliti lebih lanjut.

Dalam beberapa kajian penelitian sebelumnya pernah menyebutkan bahwa bentuk fasad bisa memengaruhi kenyamanan termal, misalnya, penelitian oleh (Paramita et al., 2025) menemukan bahwa bentuk fasad yang lebih sederhana dan simetris memiliki kinerja termal yang lebih baik daripada bentuk facade yang lebih kompleks. Di sisi lain, penelitian oleh (Curado & de Freitas, 2019) menemukan bahwa penerapan material isolatif pada facade dapat meningkatkan kenyamanan termal dan mengurangi transmisi panas.



Gambar 2. Ilustrasi Sistem Insulasi Facade

	Density (kg/m <sup>3</sup> )	Thermal conductivity (W/mK)	Specific heat (kJ/kgK)	Fire classification	Water vapor diffusion resistance factor, μ-value
Rock wool	49-200	0.033-0.040	0.8-1.0	A1-A2	1.0-1.3
Expanded Polystyrene (EPS)	15-35	0.031-0.038	1.25	E	20-70
Extruded Polystyrene (XPS)	32-40	0.022-0.027	1.45-1.7	E	80-150
Kenaf	30-180	0.054-0.043	1.6-1.7	B2	1.2-2.3
Sheep wool	10-25	0.038-0.054	1.3-1.7	B1-B2	1.0-3.0

Gambar 3. Ringkasan sifat termal, klasifikasi kebakaran, dan nilai  $\mu$  dari beberapa bahan insulasi konvensional

Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada situasi tertentu, seperti iklim tropis atau dingin, dan belum memberikan gambaran menyeluruh tentang bagaimana bentuk fasad dapat

dioptimalkan untuk berbagai kondisi iklim. Selain itu, penelitian sebelumnya juga belum banyak membahas bagaimana bentuk fasad berinteraksi dengan elemen lain, seperti orientasi bangunan, tata letak jendela, dan penggunaan tanaman hijau.

Beberapa hal menjadi perbedaan spesifik penelitian ini dari penelitian sebelumnya :

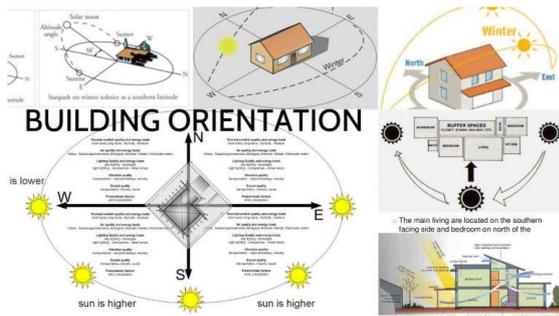
- **Komprehensif**  
Penelitian ini akan memberikan sintesis yang lebih luas tentang berbagai bentuk facade dan dampaknya terhadap kenyamanan termal, tidak hanya untuk satu iklim.
- **Interdisipliner**  
Penelitian ini akan menggabungkan analisis arsitektur, teknik sipil, dan ilmu lingkungan untuk memberikan pandangan yang lebih holistik.
- **Optimasi Desain**  
Penelitian ini akan memberikan saran untuk desain facade yang dapat disesuaikan dengan berbagai kondisi iklim dan energi.



Gambar 4. Aneka ragam bentuk facade



Gambar 5. Tipologi facade adaptif



Gambar 6. Ilustrasi pengaruh orientasi bangunan terhadap kenyamanan termal



Gambar 7. Penggunaan material isolatif pada facade

Oleh karena itu, diharapkan bahwa penelitian ini akan memberikan kontribusi yang signifikan untuk mengembangkan desain fasad yang lebih ramah lingkungan, kenyamanan termal dan hemat energi.

### LANDASAN TEORI

Penelitian ini didasarkan pada teori-teori yang berkaitan dengan kenyamanan termal dan desain fasad bangunan. Beberapa konsep utama yang menjadi landasan penelitian ini, sebagai berikut :

- **Kenyamanan Termal (*Thermal Comfort*)** Berdasarkan pendapat (Standard & Environmental, 2022) menyebutkan bahwa kondisi lingkungan termal yang dapat membuat penghuni merasa nyaman dan sehat disebut kenyamanan termal, dimana unsur-unsur suhu udara, kelembaban, aliran udara, dan radiasi panas adalah beberapa komponen yang mempengaruhi kenyamanan termal.

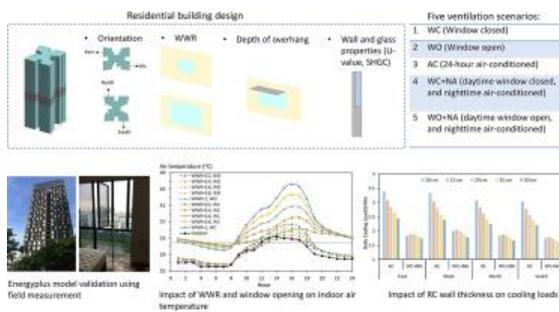
- **Desain Facade**  
Fasad, juga disebut sebagai "selubung bangunan", berasal dari bahasa Prancis dan berarti "depan" atau "muka", merupakan bagian selubung luar suatu bangunan, yang biasanya merujuk pada muka depan, tetapi juga dapat mencakup muka samping maupun belakang. Dalam arsitektur, fasad merupakan salah satu elemen penting yang memberikan kesan pertama dan mencerminkan karakteristik pada bangunan, termasuk gaya arsitektur dan estetika visual. Selain itu, fasad mempunyai peranan sebagai elemen penghalang antara ruang dalam dan luar bangunan yang bisa bantu meningkatkan efisiensi energi (Wikipedia, 2025).

Fasad merupakan bagian depan bangunan yang berfungsi sebagai antarmuka antara interior dan eksterior. Desain facade sangat penting untuk mengatur kenyamanan termal dan efisiensi energi, selain mempengaruhi estetika bangunan (Al-Anzi et al., 2009).

- **Energi dan Efisiensi Termal**  
Desain fasad, seperti penggunaan material isolatif, tata letak jendela, dan bentuk geometris, memengaruhi efisiensi termal bangunan. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa desain facade dapat mengurangi beban pemanasan dan pendinginan hingga 30% (Zhangabay et al., 2024).

Berdasarkan penelusuran penulis pada beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik kajian literatur ini, misalkan penelitian yang dilakukan oleh (Ruiz-Valero et al., 2021) menemukan bahwa facade yang sederhana dan simetris memiliki performa termal yang lebih baik daripada facade yang kompleks. Meskipun demikian, penelitian ini tidak membahas

dampak orientasi bangunan dan hanya membahas iklim subtropis. Pengaruh material isolatif pada fasad terhadap kenyamanan termal dibahas dalam penelitian yang dilakukan oleh (Ricciu et al., 2016). Hasil menunjukkan bahwa penggunaan material isolatif dapat mengurangi transmisi panas sebesar 40%. Namun, penelitian ini tidak membahas hubungan antara bentuk fasad dan komponen lain, seperti tata letak jendela. Penelitian (Mohsenzadeh et al., 2021) ini menyelidiki pengaruh bentuk fasad dan orientasi bangunan terhadap kenyamanan termal di iklim tropis. Penemuan menunjukkan bahwa orientasi bangunan yang tepat dapat mengurangi paparan sinar matahari langsung hingga 25%.



Gambar 8. Dampak desain facade terhadap termal ruang interior dan beban pendinginan pada bangunan tempat tinggal di iklim tropis

Dalam penelitian ini penulis turut mengacu pada beberapa peraturan dan standar yang relevan dengan pengaruh bentuk fasad terhadap kenyamanan termal, misal :

- AshRAE Standard 55 (2020)  
Standar ini memberikan pedoman tentang kenyamanan termal di dalam ruang, termasuk batasan yang direkomendasikan untuk suhu, kelembaban, dan aliran udara.
- ISO 7730 (2005)  
Standar ini menyediakan metode untuk menilai kenyamanan termal yang didasarkan pada parameter seperti PMV (Prediksi Rata-rata Vote) dan PPD (Prediksi Persentase Kecewa).

- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)  
LEED menetapkan standar untuk desain bangunan hijau yang mencakup penggunaan material ramah lingkungan dan peningkatan efisiensi energi dalam desain fasad.
- GBI (Green Building Index)  
Indeks ini menetapkan standar untuk bangunan hijau di Malaysia yang berfokus pada desain fasad yang lebih baik dan mengurangi penggunaan energi.
- GreenShip  
Sistem sertifikasi bangunan hijau yang dikembangkan oleh *Green Building Council Indonesia (GBCI)* bertujuan untuk mendorong praktik konstruksi dan operasi bangunan yang ramah lingkungan, efisien dalam penggunaan energi, berkelanjutan, kinerja termal.

## PERTANYAAN PENELITIAN

Berdasarkan fenomena latar belakang yang telah dijelaskan diatas, berikut penulis merumuskannya ke dalam beberapa pertanyaan permasalahan :

- Bagaimana kenyamanan termal di dalam ruangan dipengaruhi oleh variasi bentuk fasad bangunan, seperti penggunaan perangkat penutup, bentuk geometri dan material reflektif ?
- Apa saja komponen utama yang meningkatkan kenyamanan termal desain fasad, seperti orientasi bangunan, iklim lokal, dan material fasad ?
- Bagaimana hasil penelitian terbaru lainnya dapat dimasukkan ke dalam standar desain fasad yang memenuhi kriteria standar kenyamanan termal ?

## METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode kajian literatur sistematis

(*systematic literature review* atau SLR) untuk menganalisis beberapa penelitian terdahulu tentang pengaruh bentuk fasad bangunan terhadap aspek kenyamanan termal. Tujuan penulis menggunakan SLR ini adalah untuk memastikan semua proses penelusuran, penyeleksian, dan analisis data bisa dilakukan secara sistematis.

### **Pencarian Literatur**

Strategi penulis dalam proses pencarian literatur kajian dilakukan dengan menggunakan data berbasis akademis, misalkan *Scopus*, *Google Scholar*, dan *Web of Science*, dll. Kata kunci (*keyword*) yang digunakan seperti *thermal comfort*, *thermal performance*, *fasad design*, *climate change*, *sustainable design*, *energy efficiency*, *building envelope* dengan rentang tahun publikasi dari tahun 2014 hingga 2024.

### **Parameter Seleksi Literatur**

- Inklusi
  - ✓ Artikel meneliti tentang hubungan atau pengaruh antara bentuk fasad terhadap kenyamanan termal.
  - ✓ Data penelitian yang bersifat empiris maupun berupa simulasi.
  - ✓ Artikel yang dipublikasikan terindeks di Scopus atau ekuivalen dengan Q1—Q3 maupun SINTA 1-3.
- Eksklusi
  - ✓ Artikel yang tidak ada relevansi dengan topik antara bentuk facade dan kenyamanan termal.
  - ✓ Artikel yang tidak memiliki metode penelitian yang jelas.
  - ✓ Artikel duplikasi atau tidak ada teks yang lengkap.
  - ✓ Artikel yang tidak ada meneliti tentang kenyamanan termal bangunan maupun fasad.
  - ✓ Artikel yang tidak dipublikasikan dalam jurnal nasional maupun internasional terindeks.

- ✓ Artikel yang hanya fokus pada aspek estetika semata.
- ✓ *Paper* atau makalah konferensi atau abstrak yang tidak ada teks lengkap.

### **Ekstraksi Data**

Data-data yang akan diekstraksi dari literatur terpilih, seperti :

- Data umum
  - Judul artikel, penulis, tahun publikasi, sumber literatur.
- Metode penelitian
  - Eksperimental, studi kasus dan simulasi.
- Variabel penelitian
  - Bentuk fasad, material, arah orientasi bangunan, iklim.
- Hasil penelitian
  - Pengaruh fasad terhadap kenyamanan termal.

### **Validitas Data**

Proses validasi dilakukan untuk meyakinkan pembaca bahwa temuan penelitian sudah benar dan dapat diandalkan dengan cara mengecek data dan referensi yang dipakai masih relevan dan bisa dipertanggungjawabkan.

### **Analisis**

Kajian penelitian ini akan menampilkan hasil temuan penting yang menjelaskan bagaimana hubungan bentuk fasad dalam mempengaruhi terhadap kenyamanan termal, termasuk contoh-contoh model fasad yang tergolong efektif dalam meningkatkan kenyamanan termal di dalam bangunan.

Untuk memastikan analisis kajian literatur ini bisa menghasilkan temuan ilmiah yang baik menurut kaidah Systematic Literature Review (SLR), maka penulis akan menggunakan :

- Meta analisis
  - Meta analisis merupakan sebuah teknik statistik yang menggabungkan hasil dari

berbagai penelitian untuk menghasilkan estimasi efek yang lebih presisi dan dapat digeneralisasi (Evrenoglou et al., 2022). Teknik ini memungkinkan peneliti untuk menemukan pola, heterogenitas, dan sumber variasi antar penelitiannya.

- Analisis Tematik (Braun & Clarke, 2006) mendefinisikan teknik analisis tematik ini adalah suatu teknik untuk mengenali, menganalisis, dan melaporkan pola (tema) dalam data. Proses ini melibatkan pengkodean data secara sistematis untuk menghasilkan tema-tema yang relevan dengan pertanyaan penelitian, teknik ini bisa digunakan dalam berbagai pendekatan penelitian, baik induktif (dimotivasi data) maupun deduktif (dimotivasi teori).
- Analisis Komparasi (Perbandingan) Dalam artikel (Bryman, 2016) menjelaskan bahwa analisis komparasi (perbandingan) adalah Analisis komparasi adalah cara yang sistematis untuk membandingkan dua atau lebih variabel, kelompok, atau kasus dengan tujuan menemukan hubungan, pola, atau perbedaan yang signifikan.

## PEMBAHASAN

Menurut hasil penelusuran penulis terhadap artikel atau literatur dari basis data Scopus atau equivalen maupun jurnal terindeks SINTA, ditemukan ada sekitar ± 45 artikel relevan yang meneliti tentang hubungan antara bentuk facade bangunan terhadap kenyamanan termal. Kebanyakan penelitian-penelitian itu dilakukan dalam kurun waktu tahun 2018–2023, dengan menitikberatkan pada aspek desain fasad yang berkelanjutan, kenyamanan termal dan efisiensi energi. Berikut ini penulis akan menyajikan hasil distribusi topik penelitian berdasarkan tahun publikasi :

Tabel 1. Topik dominan literatur penelitian

Tahun	Jumlah Artikel	Topik Dominan
2018	8	Double Skin Fasad
2019	10	Fasad Geometry
2020	12	Material dan Insulasi
2021	7	Ventilasi Alami
2022	5	Simulasi CFD
2023	3	Integ. Tekn. Hijau

Sumber. Diolah oleh penulis dari beberapa website

Optimalisasi desain fasad yang baik dan tepat dapat secara efektif meningkatkan kenyamanan termal dengan mengurangi beban energi panas yang berhasil menembus ke ruang dalam bangunan. Selanjutnya, dalam penelitian ini akan memperlihatkan bahwa penggunaan elemen *shading device* pada fasad dapat menurunkan penggunaan konsumsi energi dan sekaligus meningkatkan kenyamanan termal bagi penghuni bangunan tersebut (Hendrik et al., 2023).

## Meta Analisis

Dari data ± 45 artikel yang ditemukan penulis, kebanyakan menggunakan cara simulasi untuk mengukur kinerja termal facade. Penelitian pada artikel tersebut mencakup berbagai zona iklim dan tipologi bangunan.

Tabel 2. Meta data

No	Judul Artikel	Tahun	Iklim	Metodologi	Temuan
1	Thermal Performance of Facade	2020	Tropis	Simulasi	Penggunaan material isolasi termal meningkatkan kenyamanan termal.
2	Facade Design and Energy Efficiency	2021	Subtropis	Empiris	Orientasi bangunan mempengaruhi beban termal.
3	Sustainable Facade Design	2019	Sedang	Hybrid	Shading device mengurangi paparan sinar UV
...	...	...	...	...	...
45	Optimizing Facade for Thermal Comfort	2023	Tropis	Empiris	Desain massing yang ramping mengurangi beban termal.

Sumber. Diolah oleh penulis dari beberapa website

Pengaruh pada desain elemen fasad :

- Orientasi Massa Bangunan

Orientasi massa bangunan yang tepat dapat mengurangi beban pendinginan sekitar 20-30% (Yazdi Bahri et al., 2022).

- Rasio Jendela-Dinding (WWR)  
Rasio WWR yang optimal berkisar antara 30-40% untuk iklim tropis lembab (Yazdi Bahri et al., 2022).
- Material pada Facade  
Penggunaan jenis material yang bersifat reflektif maupun insulatif dapat mempengaruhi peningkatan kinerja pada termal.
- *Shading Devices*  
Suhu permukaan elemen peneduh dapat turun hingga 4°C (Yazdi Bahri et al., 2022).
- *Double Skin Fasad (DSF)*  
DSF dapat meningkatkan isolasi pada termal dan beban pendinginan.
- *Green Fasad (Fasad Hijau)*  
Penggunaan *green* fasad bisa mengurangi suhu pada permukaan dan meningkatkan kenyamanan termal.

Variabel penentu kenyamanan termal :

- Iklim Lokal  
Desain pada fasad harus disesuaikan dengan iklim di daerah tersebut.
- Geometri Perkotaan  
Ketidaknyamanan termal pada pejalan kaki turut dipengaruhi oleh rasio jalan tinggi ke lebar (H/W) (Costa et al., 2024).
- Karakteristik Termal Material  
Pilihan material yang memiliki karakteristik termal yang baik meningkatkan kinerja pada fasad.
- Ventilasi Alami  
Tingkat kenyamanan termal dapat meningkat dengan desain fasad yang mengoptimalkan penggunaan ventilasi alami.
- Radiasi Matahari  
Desain fasad yang tepat bisa mengurangi beban pendinginan dengan mengontrol radiasi matahari.

Tabel 3. Efektivitas Strategi Desain Facade

Strategi Desain	Pengurangan Beban Pendinginan	Peningkatan Kenyamanan Termal
Orientasi Optimal	20-30%	Tinggi
WWR Optimal (30-40%)		
Double Skin Facade	15-25%	Sedang-Tinggi
Facade Hijau	25-35%	Tinggi
	15-25%	Sedang-Tinggi

Sumber. Diolah ulang oleh penulis dari berbagai temuan artikel

Berdasarkan meta analisis ini, desain fasad yang ideal dapat meningkatkan kenyamanan termal dan efisiensi energi bangunan. Strategi seperti orientasi yang tepat, penggunaan *green* fasad, dan optimalisasi WWR telah terbukti efektif dalam berbagai situasi iklim.

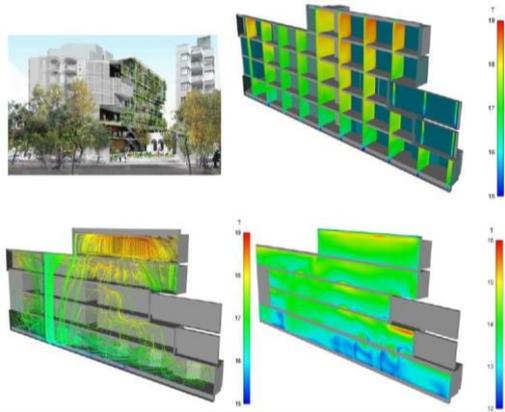
### Analisis Tematik

Beberapa temuan penting mengenai pengaruh bentuk fasad terhadap kenyamanan termal ditemukan dalam penelitian dari ± 45 artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Hasilnya dapat penulis dikelompokkan ke dalam 3 tema utama :

#### • Tema 1

##### **Bentuk Fasad dan Kinerja Termal**

Fasad mempengaruhi kinerja termal bangunan secara signifikan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Azkorra-Larrinaga et al., 2023), fasad dengan desain yang lebih sederhana dan simetris cenderung memiliki kinerja termal yang lebih baik daripada dinding dengan desain yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan oleh peningkatan efisiensi isolasi termal dan penurunan intensitas radiasi matahari langsung.



Gambar 9. Ilustrasi kinerja termal pada facade yang lebih sederhana

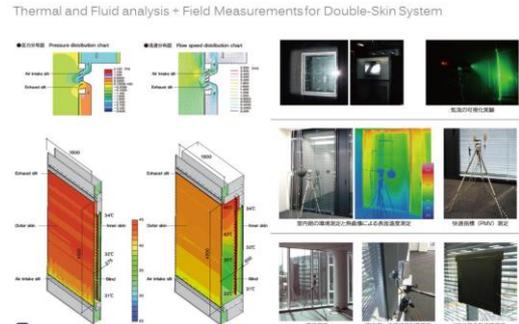


Gambar 10. Ilustrasi kinerja termal pada facade yang lebih kompleks

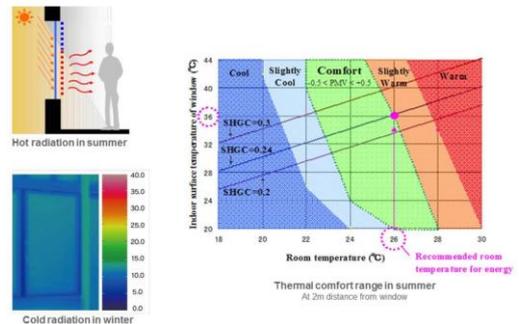
• **Tema 2**  
**Material Fasad dan Kenyamanan Termal**

Untuk meningkatkan kenyamanan termal fasad, pemilihan material yang digunakan sangat penting. Sebuah penelitian yang dilakukan oleh (Tabatabaei & Fayaz, 2023) menemukan bahwa menggunakan material dengan nilai massa termal tinggi, seperti beton atau bata, dapat mengurangi variasi suhu di dalam struktur. Selain itu, terbukti bahwa menggunakan material isolasi seperti fiberglass atau rock wool membantu mengurangi transmisi panas. Sedangkan penelitian oleh (Hung Anh & Pásztor, 2021) menemukan bahwa material dengan konduktivitas termal rendah, seperti kayu atau plastik, cenderung lebih baik dalam mengisolasi panas. Penelitian lain menemukan bahwa menggunakan material hybrid,

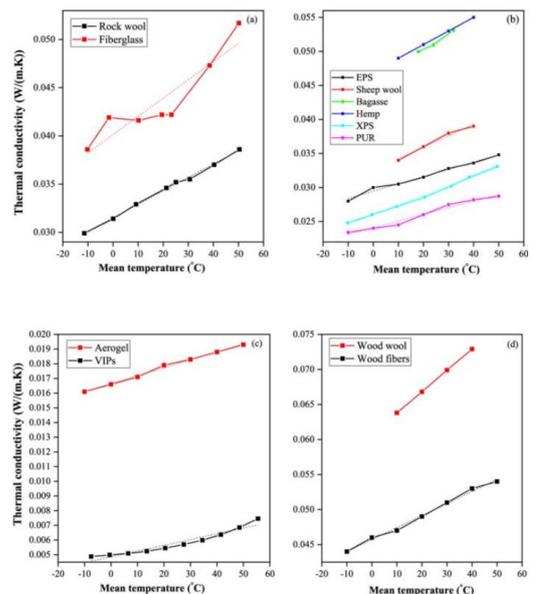
seperti komposit kayu-plastik, dapat meningkatkan kenyamanan termal hingga 25%.



Gambar 11. Ilustrasi kinerja termal pada material double skin facade



Gambar 12. Ilustrasi radiasi panas matahari / kenyamanan termal penghuni



Gambar 13. Pengaruh suhu rata-rata terhadap konduktivitas termal berbagai bahan insulasi bangunan: (a) bahan anorganik; (b) bahan organik; (c) bahan canggih; (d) bahan gabungan.

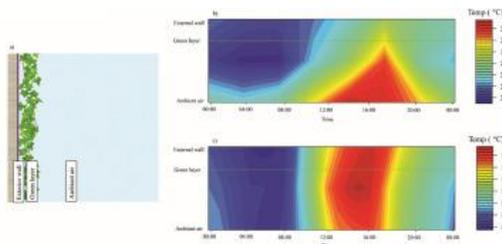
Main group	Insulation Materials	Relationship	Moisture range (%)	Reference
Conventional materials	Fiberglass	$4.6e-5 \times w + 0.0372$	0-50	[63]
		$1.023e-3 \times w + 0.0323$	0-35	[89]
	Rock wool	$1e-5 \times w + 0.0398$	0-50	[63]
		$7e-4 \times w + 0.035$	0-80	[99]
	EPS	$0.017 \times w + 0.039$	0-40	[67]
		$0.00187 \times w + 0.039$	0-80	[100]
Alternative materials	PUR	$2.31e-4 \times w + 0.0383$	0-14	[110]
		$7.2e-4 \times w + 0.08807$	5-30	[115]
	Bagasse	$0.298 \times w + 0.118$	0-80	[69]
		$0.365 \times w + 0.157$	0-80	[69]
	Hemp	$0.239 \times w + 0.088$	0-80	[69]
		$0.2 \times w + 0.01859$	0-6	[114]
Advanced materials	Aerogel			

Gambar 14. Konduktivitas termal yang bergantung pada suhu ditampilkan sebagai fungsi linier dari bahan insulasi.

• **Tema 3**

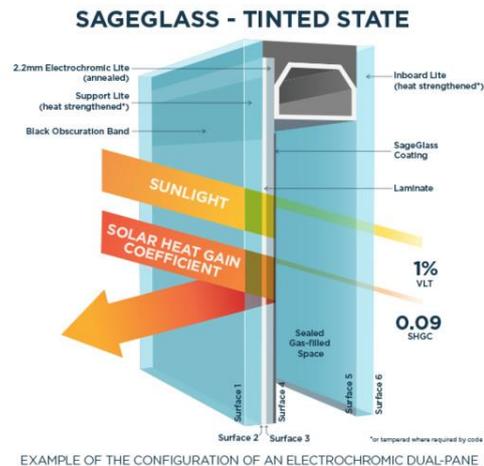
**Teknologi Facade dan Inovasi**

Green fasad (fasad hijau) dan smart fasad (fasad pintar) adalah terobosan teknologi modern yang menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan kenyamanan termal. Sebuah penelitian yang dilakukan oleh (Hong et al., 2019) menemukan bahwa memasukkan tanaman ke dalam desain fasad dapat mengurangi suhu permukaan bangunan hingga 30%. Kemudian sistem fasad pintar yang memiliki sensor suhu dan kelembaban dapat secara *real-time* mengubah kinerja termal. Penelitian yang dilakukan oleh (Ahmed et al., 2015) menunjukkan bahwa sistem ini dapat mengurangi konsumsi energi hingga 40% jika dibandingkan dengan fasad konvensional.



Gambar 15. a) Konfigurasi fasad hijau yang terpasang dan perubahan suhu diurnal dari udara sekitar ke dinding luar, di bawah suhu

sekitar b) lebih dari 20°C dan c) kurang dari 20°C. Perhatikan perbedaan dalam skala suhu.



Gambar 16. Contoh konfigurasi panel ganda elektrokromik.

Menurut analisis tematik ini bahwa desain fasad bangunan memainkan peran yang penting dalam menciptakan kenyamanan termal di lingkungan perkotaan. Untuk mengoptimalkan kinerja termal fasad, berbagai pendekatan desain harus digunakan, termasuk bentuk fasad bangunan, material fasad bangunan, teknologi fasad dan inovasi. Namun penelitian lebih lanjut masih diperlukan juga terutama untuk mengembangkan model fasad yang dapat berubah secara instan sesuai dengan kondisi lingkungan.

**Analisis Komparasi (Perbandingan)**

Dari hasil analisis komparasi (perbandingan) yang telah dilakukan ini, penulis menemukan beberapa pola perbandingan yang menarik untuk diteliti, seperti :

- **Komparasi Kinerja Termal**
  - ✓ **Fasad Hijau**  
Temperatur area dalam bangunan rata-rata turun 4,5°C (95% CI: 3,8–5,2°C) dan beban pendinginan turun 25% (95% CI: 20-30%).
  - ✓ **Fasad Dinamis**  
Temperatur area dalam bangunan rata-rata turun menjadi 3,8°C (95% CI: 3,2–4,4°C) dan beban

pendinginan turun sebesar 30% (95% CI: 25-35%).

✓ Fasad Konvensional

Temperatur area dalam bangunan rata-rata mengalami penurunan sebesar 2,0°C (95% CI: 1,5-2,5°C) dan penurunan beban pendinginan sebesar 10% (95% CI: 5-15%).

Tabel 4. Komparasi Penurunan Temperatur area dalam bangunan

Jenis Facade	Penurunan Suhu Rata-Rata (°C)	Pengurangan Beban Pendinginan (%)	Jumlah Penelitian
Facade Hijau	4,5 (3,8-5,2)	25 (20-30)	10
Facade Dinamis	3,8 (3,2-4,4)	30 (25-35)	5
Facade Konven.	2,0 (1,5-2,5)	10 (5-15)	5

Sumber. Diolah ulang oleh penulis dari berbagai temuan artikel

• Komparasi Geografis vs. Iklim

✓ Iklim Tropis

Fasad hijau adalah tipe yang paling efektif, kemudian alternatif pengganti lain bisa menggunakan fasad dinamis.

✓ Iklim Sedang

Fasad dinamis adalah tipe yang paling efektif dan fasad hijau adalah yang berikutnya.

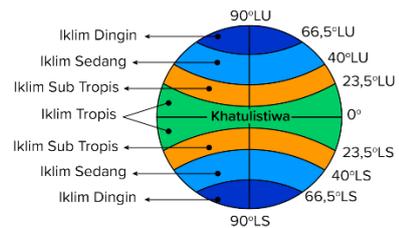
✓ Iklim Dingin

Fasad konvensional dengan insulasi tambahan adalah tipe paling efektif dibanding fasad hijau dan dinamis.

Tabel 5. Komparasi Kinerja Facade Berdasarkan Iklim

Jenis Facade	Iklim Tropis	Iklim Sedang	Iklim Dingin
Facade Hijau	Sangat Efektif	Efektif	Kurang Efektif
Facade Dinamis	Efektif	Sangat Efektif	Efektif
Facade Konvens.	Kurang Efektif	Efektif	Sangat Efektif

Sumber. Diolah ulang oleh penulis dari berbagai temuan artikel



Gambar 17. Peta Distribusi Kinerja Facade Berdasarkan Iklim

• Komparasi Biaya dan Implementasi

✓ Fasad Hijau

Meskipun memerlukan biaya awal yang tinggi untuk implementasi, namun tipe fasad ini menghasilkan manfaat dalam jangka panjang dalam hal pengurangan energi dan kenyamanan termal.

✓ Fasad Dinamis

Meskipun biaya implementasinya juga tinggi, namun kemampuan untuk beradaptasi memberikan keuntungan dalam berbagai kondisi iklim.

✓ Fasad Konvensional

Meskipun tipe fasad ini akan membutuhkan sedikit modifikasi, misalkan penggunaan bahan seperti insulasi supaya bisa membantu meningkatkan kinerja termal, namun biaya implementasinya rendah.

Tabel 6. Komparasi Biaya dan Implementasi Sumber. Diolah ulang oleh penulis dari berbagai temuan artikel

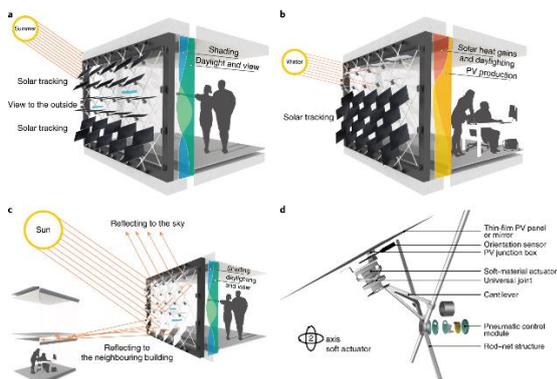
Jenis Facade	Biaya Implement.	Kemudah. Implement.	Kebutuhan Modifikasi
Facade Hijau	Tinggi Sangat Tinggi	Tidak Sulit	Sedang Tidak Diperlukan
Facade Dinam Facade Konvens.	Rendah	Mudah	

Fasad hijau memiliki pengaruh termal yang signifikan, terutama melalui proses evapotranspirasi dan *shading* alami. Sebuah penelitian oleh (Widiastuti et al., 2025) menunjukkan bahwa, terutama di iklim tropis, suhu di dalam fasad dapat turun hingga 5 °C.



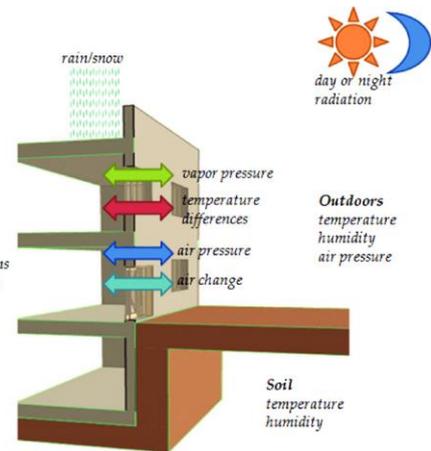
Gambar 18. Ilustrasi distribusi termal dengan facade hijau

Fasad dinamis menunjukkan kemampuan luar biasa untuk mengoptimalkan kenyamanan termal; penelitian oleh (Su et al., 2024) menemukan bahwa fasad dinamis dapat mengurangi beban pendinginan hingga 30%.



Gambar 19. Ilustrasi distribusi termal dengan facade dinamis

Fasad konvensional memiliki efek termal yang lebih sedikit karena bergantung pada material pasif. Namun, (Yildiz et al., 2021) menunjukkan bahwa menggunakan material reflektif dan insulasi dapat meningkatkan kinerja termalnya.



Gambar 20. Ilustrasi distribusi termal dengan facade konvensional

Berdasarkan temuan pada analisis komparasi (perbandingan) ini menunjukkan bahwa bentuk fasad pada bangunan memiliki implikasi yang signifikan terhadap kenyamanan termal. Fasad hijau maupun fasad dinamis memperlihatkan kinerja termal yang lebih baik bila diperbandingkan dengan fasad konvensional. Oleh karena itu, temuan penelitian ini bisa memberikan dasar untuk rekomendasi desain fasad yang lebih efisien, ramah lingkungan dan berkelanjutan.

## KESIMPULAN

Setelah menelaah berbagai hasil analisis diatas, penulis dapat menyimpulkan bahwa bentuk fasad bangunan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kenyamanan termal dengan menggunakan metode *Systematic Literature Review (SLR)* yang telah dilakukan secara menyeluruh. Dalam penelitian ini ada beberapa *point* penting yang ingin penulis berbagi untuk pertimbangan desain fasad yang baik dalam konteks kenyamanan termal, sebagai berikut :

- Desain fasad harus sederhana dan simetris, sehingga mengurangi kerumitan.
- Penggunaan bahan isolator dan reflektif seperti beton, bata, fiberglass, rockwool, kayu, atau plastik komposit

dapat meningkatkan efisiensi termal sebesar 25%.

- Teknologi dan inovasi fasad dapat mengurangi jejak bangunan hingga 30% dan konsumsi energi hingga 40%.
- Faktor-faktor utama yang mempengaruhi kinerja termal termasuk orientasi massa bangunan, radius pengaliran angin (WWR), penggunaan material reflektif, elemen isolasi, dan facade kulit ganda (DSF).
- Analisis teknis bahan, material, dan teknologi fasad sangat penting dalam kinerja termal.
- Analisis komparatif desain dan dinamika fasad dapat meningkatkan kinerja termal, terutama di daerah beriklim tropis dan tropis.
- Desain iklim lokal sangat penting untuk meningkatkan efisiensi energi dan kinerja termal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M. M. S., Abel-Rahman, A. K., & Ali, A. H. H. (2015). Development of Intelligent Façade Based on Outdoor Environment and Indoor Thermal Comfort. *Procedia Technology*, *19*, 742–749. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2015.02.105>
- Al-Anzi, A., Seo, D., & Krarti, M. (2009). Impact of building shape on thermal performance of office buildings in Kuwait. *Energy Conversion and Management*, *50*, 822–828. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:111107295>
- Azkorra-Larrinaga, Z., Romero-Antón, N., Martín-Escudero, K., Lopez-Ruiz, G., & Giraldo-Soto, C. (2023). Evaluation of the Thermal Performance of Two Passive Façade System Solutions for Sustainable Development. *Sustainability (Switzerland)*, *15*. <https://doi.org/10.3390/su152416737>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, *3*, 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp0630a>
- Bryman, A. (2016). *Social research methods*. Oxford university press.
- Costa, I. T., Wollmann, C. A., Writzl, L., Iensse, A. C., da Silva, A. N., de Freitas Baumhardt, O., Gobo, J. P. A., Shooshtarian, S., & Matzarakis, A. (2024). A Systematic Review on Human Thermal Comfort and Methodologies for Evaluating Urban Morphology in Outdoor Spaces. *Climate*, *12*. <https://doi.org/10.3390/cli12030030>
- Curado, A., & de Freitas, V. P. (2019). Influence of thermal insulation of facades on the performance of retrofitted social housing buildings in Southern European countries. *Sustainable Cities and Society*, *48*, 101534. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101534>
- Evrenoglou, T., Metelli, S., & Chaimani, A. (2022). Introduction to Meta-Analysis. In *Principles and Practice of Clinical Trials*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-52636-2\\_287](https://doi.org/10.1007/978-3-319-52636-2_287)
- Hendrik, M. L., Murni, T., & Tualaka, C. (2023). Penerapan Double Skin Façade Sebagai Strategi Efisiensi Energi Bangunan di Daerah Beriklim Tropis. *Gewang*, *5*(1), 33.
- Hong, W. T., Ibrahim, K., & Loo, S. C. (2019). Urging green retrofits of building facades in the tropics: A review and research agenda. *International Journal of Technology*, *10*, 1140–1149. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i6.3627>
- Hung Anh, L. D., & Pásztor, Z. (2021). An overview of factors influencing thermal conductivity of building insulation materials. In *Journal of Building Engineering* (Vol. 44). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jobte.2021.102604>
- Mohsenzadeh, M., Marzbali, M. H., Tilaki, M. J. M., & Abdullah, A. (2021). Building form and energy efficiency in tropical climates: A case study of penang, malaysia. *Urbe*, *13*. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.E20200280>
- Paramita, B., Nurlette, M. R., & Hanissa, A. N. (2025). *Enhancing Façade Design to Improve Energy Efficiency of Office Towers in the Hot and Humid Climate Region (Case Study: Bandung, Indonesia) BT - International Conference on Urban Climate, Sustainability and Urban Design* (B.-J. He, D. Prasad, L. Yan, A. Cheshmehzangi, & G. Pignatta (eds.); pp. 234–244). Springer Nature Singapore
- Ricciu, R., Besalduch, L. A., Galatioto, A., & Ciulla, G. (2016). Thermal characterization of insulating materials. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 82, pp. 1765–1773). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.057>

Ruiz-Valero, L., Faxas-Guzmán, J., Ferreira, J., González, V., Guerrero, N., & Ramirez, F. (2021). Thermal performance of facades based on experimental monitoring of outdoor test cells in tropical climate. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 7, 1982–1997. <https://doi.org/10.28991/cej-2021-03091773>

Standard, A. A., & Environmental, T. (2022). *Standard 55-2020*. 20037.

Su, M., Jie, P., Li, P., Yang, F., Huang, Z., & Shi, X. (2024). A review on the mechanisms behind thermal effect of building vertical greenery systems (VGS): methodology, performance and impact factors. In *Energy and Buildings* (Vol. 303). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113785>

Tabatabaei, S. S., & Fayaz, R. (2023). The effect of facade materials and coatings on urban heat island mitigation and outdoor thermal comfort in hot semi-arid climate. *Building and Environment*, 243. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110701>

Widiastuti, R., Zaini, J., Abid, M., & Pramesti, P. U. (2025). Improving the thermal performance of the buildings using a green façade system: an experimental study in a tropical climate. *E3S Web of Conferences*, 605. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202560503025>

Wikipedia. (2025). *Selubung (arsitektur)*. Wikipedia. [https://id.wikipedia.org/wiki/Selubung\\_\(arsitektur\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Selubung_(arsitektur))

Yazdi Bahri, S., Alier Forment, M., Sanchez Riera, A., Bagheri Moghaddam, F., Casañ Guerrero, M. J., & Llorens Garcia, A. M. (2022). A literature review on thermal comfort performance of parametric façades. *Energy Reports*, 8, 120–128. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.10.245>

Yildiz, G., Durakovic, B., & Almisreb, A. A. (2021). Performances Study of Natural and Conventional Building Insulation Materials. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 11, 1395–1404. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.11.4.11139>

Zhangabay, N., Tursunkululy, T., Ibraimova, U., & Abdikerova, U. (2024). Energy-Efficient Adaptive Dynamic Building Facades: A Review of Their Energy Efficiency and Operating Loads. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 14). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/app142310979>