



## Kinerja *Louvre* Kayu Jati untuk Ventilasi Alami dan Pengendalian Kebisingan melalui Simulasi

### *Performance of Teak Wood Louvre for Natural Ventilation and Noise Control through Simulation*

Faradifa Meitadevi \*, Nurhamdoko Bonifacius, Dina Poerwoningsih

Magister Arsitektur, Program Pascasarjana, Universitas Merdeka Malang, Malang, Indonesia

\*Corresponding author: [faradifameitadevi@gmail.com](mailto:faradifameitadevi@gmail.com)

#### Article history

Received: 18 Mar 2026

Accepted: 21 Mar 2026

Published: 30 Apr 2026

#### Abstract

*Louvres, as facade elements, have dual potential in supporting natural ventilation performance and reducing noise. However, their performance strongly depends on blade geometric configuration. A quantitative study is required to evaluate Louvre blade configuration in terms of ventilation and acoustic performance, as well as their effectiveness when using teak wood material. The methods include Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation to obtain Air Changes per Hour (ACH) value and acoustic simulations to determine Transmission Loss (TL). The result shows that blade spacing is the dominant factor. A configuration with 2.5mm spacing and a 3/5 inclination provides the most balanced performance, although it does not yet meet the standard. The use of teak wood is proven to improve both natural ventilation and acoustic performance compared to aluminium.*

**Keywords:** *acoustic simulation; cfd simulation; louvre; natural ventilation; noise reduction*

#### Abstrak

*Louvre sebagai elemen fasad memiliki potensi ganda dalam mendukung kinerja ventilasi alami dan meredam kebisingan, namun performanya sangat bergantung pada konfigurasi geometrik bilah. Perlu kajian yang terukur untuk mengevaluasi konfigurasi bilah jendela Louvre terhadap kinerja ventilasi dan akustik, serta efektivitasnya pada material kayu jati. Metode yang digunakan meliputi simulasi CFD untuk memperoleh nilai ACH, dan simulasi akustik untuk menentukan Transmission Loss. Hasil menunjukkan bahwa kerapatan bilah menjadi faktor dominan, konfigurasi kerapatan 2,5 mm dengan kemiringan 3/5 memberikan kinerja paling seimbang meskipun belum memenuhi standar. Kayu jati terbukti memberikan performa akustik yang lebih baik dibandingkan aluminium, meskipun kinerja ventilasi alami mengalami penurunan.*

**Kata kunci:** *simulasi akustik; simulasi cfd; louvre; ventilasi alami; peredam kebisingan*

**Cite this as:** Meitadevi, F., Bonifacius, N., Poerwoningsih, D. (2026). Kinerja *Louvre* Kayu Jati untuk Ventilasi Alami dan Pengendalian Kebisingan melalui Simulasi. Article. *Arsitektura: Jurnal Ilmiah Arsitektur dan Lingkungan Binaan*, 24(1), 78-87. <https://doi.org/10.20961/arst.v24i1.116102>

## 1. PENDAHULUAN

Konsumsi energi bangunan di wilayah tropis menjadi perhatian dalam pengembangan arsitektur berkelanjutan, terutama karena tingginya kebutuhan pendinginan dan penghawaan mekanik pada bangunan modern (Aflaki dkk., 2015). Ketergantungan pada sistem elektromekanis tidak hanya meningkatkan biaya operasional, tetapi juga memperbesar emisi karbon yang berkontribusi pada perubahan iklim. Dalam konteks tersebut, desain pasif seperti ventilasi alami menjadi salah satu strategi untuk mengurangi konsumsi energi sekaligus mempertahankan kenyamanan pengguna (Bulbaai & Halman, 2021). Ventilasi alami merupakan komponen penting dari strategi ini karena berfungsi mengganti udara dalam ruang tanpa bantuan energi, menjaga kelembaban, menurunkan konsentrasi CO<sub>2</sub> serta mendukung produktivitas dan kesehatan penghuni (Aries dkk., 2010; Chenari dkk., 2016). Dalam standar SNI 03-6572-2001 menegaskan bahwa perlu bukaan minimal sebesar 5% dari luas lantai untuk menjamin pertukaran udara yang memadai, hasil penelitian lain juga menegaskan bahwa ventilasi alami yang dirancang dengan baik dapat menurunkan energi pendinginan hingga 78% (Tong dkk., 2016). Maka demikian, strategi ventilasi alami menjadi peluang penting bagi efisiensi energi terutama pada bangunan di wilayah tropis.

Implementasi ventilasi alami di kawasan perkotaan Indonesia menghadapi tantangan besar berupa tingginya tingkat kebisingan lingkungan. Menurut WHO, paparan kebisingan di atas 70 dB dapat menimbulkan gangguan pendengaran dan stres. Sementara itu, rata-rata kebisingan di perkotaan Indonesia melebihi ambang batas tersebut. Misalnya pada beberapa kota besar seperti di Kota Malang, kebisingan mencapai 84,28 dB (Tjahjono dkk., 2021), di Kota Bandung sebesar 83,2 dB (Aziz & Ramadhan, 2024) dan di Kota Surabaya sebesar 80-84 dB (Prasetyo & Assomadi, 2018). Kondisi ini sangat berpengaruh pada beberapa tipologi bangunan yang memerlukan ketenangan tinggi misalnya bangunan pendidikan, terutama karena penggunaannya yaitu anak-anak yang merupakan kelompok masyarakat rentan dan banyak menghabiskan 45-75% waktunya di ruang kelas (Mealings,

2016). Paparan kebisingan yang tinggi dapat menurunkan konsentrasi, kemampuan memahami materi, serta kondisi psikologis peserta didik (Al-Isawi dkk., 2022). Jika berorientasi pada penghematan konsumsi energi, melakukan pengurangan bukaan ruang demi mengurangi kebisingan bukan solusi yang efektif karena berpotensi menimbulkan masalah baru berupa buruknya kualitas udara dalam ruang yang dapat meningkatkan risiko *sick building syndrome* akibat minimnya pertukaran udara segar (Wasiela & Subiyantoro, 2025). Maka demikian, bangunan-bangunan di perkotaan menghadapi dilema mendasar yaitu penyediaan ventilasi alami yang memadai tanpa mengorbankan kenyamanan akustik.

Untuk mencapai keseimbangan tersebut, salah satu solusi arsitektural yang potensial adalah penggunaan sistem jendela *Louvre*. Menurut Ching (2014) dalam bukunya, jendela *Louvre* termasuk tipe bukaan dengan efektivitas hingga 100% karena jendela *Louvre* terdiri dari bilah-bilah miring yang dapat diatur sesuai kebutuhan, hal tersebut memungkinkan pembagian jalur udara yang mampu memperlancar sirkulasi sekaligus menurunkan kebisingan suara. Secara historis, penggunaan jendela *Louvre* telah dikenal luas di Indonesia, terutama pada bangunan tradisional dan bangunan kolonial Belanda (Harisun & Conoras, 2018; Marwati & Andriani, 2017; Nisa'Q & Arsana, 2023; Sukarno dkk., 2014).

Penelitian terdahulu oleh Kosutova dkk. (2019) menekankan bahwa konfigurasi jendela *Louvre* mempengaruhi pola aliran dan efisiensi pertukaran udara. Beberapa penelitian terdahulu lainnya juga banyak menekankan variasi konfigurasi jendela *Louvre* yang beragam, tidak hanya pada variasi bilah namun juga penggunaan material. Penelitian oleh Avinash dkk. (2023) menilai pengaruh material pelapis dengan resistivitas aliran tinggi dan sudut bilah 90° terhadap peredaman kebisingan memberikan peredaman terbaik. Penelitian oleh Astrauskas dkk. (2021) menguji *louvered noise barrier* untuk kebisingan lalu lintas dan memperoleh reduksi hingga 17 dB(A) pada sudut 45° dengan material *mineral wool* setebal 30 mm.

Penelitian terdahulu cenderung memisahkan analisis fungsi akustik dan ventilasi tanpa mengintegrasikan keduanya dalam satu model desain yang mampu menangani dua kinerja tersebut sekaligus. Selain itu, konteks bangunan tropis belum terwakili secara memadai, sehingga belum tersedia dasar ilmiah yang kuat untuk merumuskan konfigurasi bilah jendela *Louvre* yang optimal bagi bangunan tropis. Selain kemiringan bilah, penelitian ini akan mengeksplorasi konfigurasi desain lainnya yaitu jarak kerapatan bilah dan material kayu jati (*Tectona grandis*) yang merupakan material lokal dengan performa peredaman suara alami. Di Indonesia, masyarakat umumnya lebih memilih kayu jati sebagai material konstruksi alami karena segi mutu dan kualitas yang lebih unggul (Budhiastomo dkk., 2020). Dalam aspek akustik, performa kayu jati dapat memiliki kemampuan peredaman suara yang lebih baik karena koefisien redaman suara yang cenderung tinggi dibanding beberapa jenis lain seperti kayu pinus atau kayu karet (Aung dkk., 2020). Melalui pendekatan simulasi, diharapkan penelitian ini dapat memperkaya peluang konfigurasi desain jendela *Louvre* yang memiliki manfaat ganda sebagai ventilasi alami dan peredaman kebisingan di lingkungan perkotaan wilayah tropis khususnya di Indonesia.

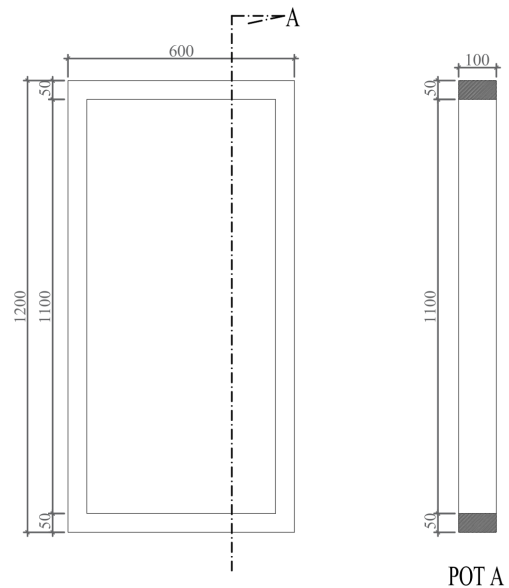
## 2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan simulasi numerik yang terdiri dari beberapa komponen metodologi yaitu studi parametrik dan analisis korelasional dimana data numerik diperoleh dari hasil simulasi berupa nilai *Air Change per Hour* (ACH) dan *Transmission Loss* (TL). Hasil simulasi tersebut diperoleh dari perancangan model konfigurasi desain jendela *Louvre* yang terdiri dari variabel jarak antar bilah dan kemiringan bilah, kemudian dibandingkan dengan standar teknis berdasarkan SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung dan standar dari Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 11/1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan untuk mengetahui konfigurasi jendela *Louvre* paling optimal. Konfigurasi tersebut selanjutnya diuji dengan

material kayu jati untuk melihat performanya sebagai ventilasi alami dan peredaman kebisingan.

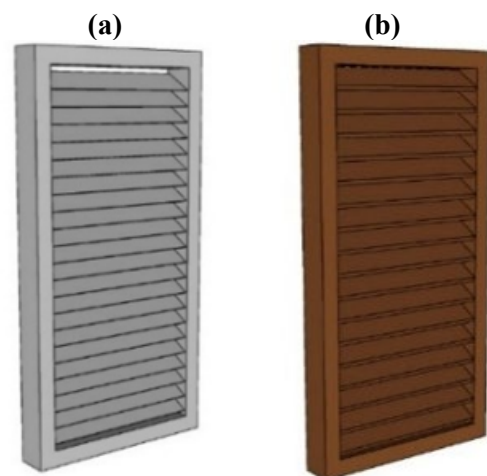
### 2.1. Parameter Desain *Louvre*

Jendela *Louvre* ditetapkan dengan dimensi 1,2 m x 0,6 m (lihat Gambar 1) dengan tebal kusen 5 cm, kedalaman 10 cm, dan lebar bilah 10 cm.



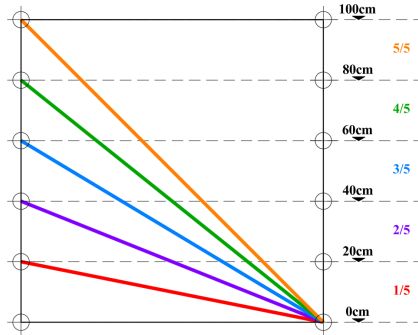
**Gambar 1.** Dimensi *Louvre*

Ketebalan bilah disesuaikan dengan standar jenis material, dimana ketebalan 1,5 mm digunakan untuk material aluminium dan ketebalan 5 mm digunakan untuk material kayu jati (Gambar 2). Dimensi ini mendekati ukuran standar dalam industri untuk menjaga realitas desain.



**Gambar 2.** Desain Jendela *Louvre* (a) Material Aluminium, (b) Material Kayu Jati

Metode penentuan bilah direpresentasikan menggunakan parameter gradien, yaitu rasio antara perubahan jarak vertikal dan jarak horizontal untuk menjaga kemiringan bilah yang proporsional (Gambar 3).



Gambar 3. Gradien Kemiringan Bilah

Variasi kemiringan 0/5 dan 5/5 tidak digunakan karena masing-masing merepresentasikan

kondisi tanpa kemiringan dan kondisi tertutup, sehingga kemiringan hanya akan difokuskan pada empat variasi kemiringan yaitu 1/5, 2/5, 3/5, dan 4/5 (Tabel 1)

Tabel 1. Variasi Kemiringan Bilah Louvre

Kemiringan		Keterangan
0/5	0°	Tidak Ada Kemiringan/datar
1/5	11°	Kemiringan Sangat Landai
2/5	22°	Kemiringan Landai
3/5	31°	Kemiringan Menengah
4/5	39°	Kemiringan Curam
5/5	45°	Kemiringan maksimum

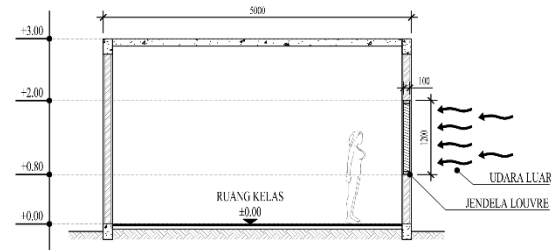
Variabel kemiringan dan kerapatan jarak bilah tersebut dikombinasikan secara menyeluruh sehingga terdapat kombinasi berjumlah 20 sampel konfigurasi desain jendela Louvre yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Matrik Kombinasi Konfigurasi Jendela Louvre

Kemiringan	Kerapatan				
	2mm	5mm	10mm	20mm	40mm
1/5	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5
2/5	Sampel 6	Sampel 7	Sampel 8	Sampel 9	Sampel 10
3/5	Sampel 11	Sampel 12	Sampel 13	Sampel 14	Sampel 15
4/5	Sampel 16	Sampel 17	Sampel 18	Sampel 19	Sampel 20

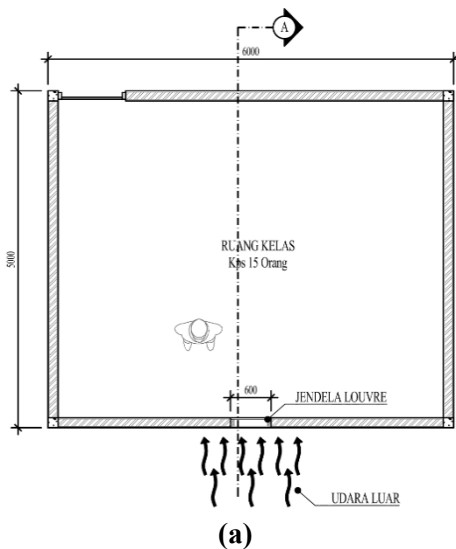
2.2. Skenario Simulasi

Domain simulasi berupa kanal udara yang merepresentasikan ruang kelas berukuran 5 m x 6 m x 3 m (Gambar 4), mengacu pada peraturan yang ditetapkan oleh Kementerian Pendidikan Nasional Republik Indonesia No. 24 Tahun 2007.



(b)

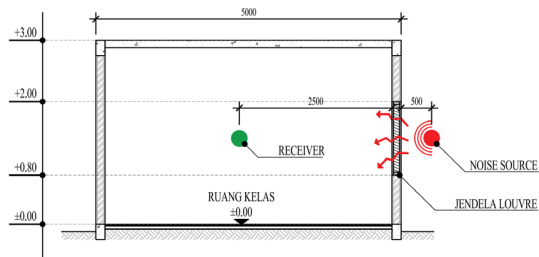
Gambar 4. Skenario Simulasi (a) Dimensi Kanal Udara, (b) Potongan A kanal Udara



(a)

Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS 2025 R1 menggunakan sistem analisis yang berbeda. Simulasi ventilasi menggunakan sistem analisis Fluid Flow (Fluent) untuk mengetahui volume flow rate (m<sup>3</sup>/s) yang akan dikonversi sebagai ACH. Sementara simulasi akustik menggunakan sistem analisis Harmonic Acoustic untuk mengetahui besaran TL (dB) sebagai nilai performa peredaman suara tiap konfigurasi sampel. Pada simulasi ventilasi, kecepatan udara ditetapkan sebesar 0,9 m/s berdasarkan kecepatan angin rata-rata di Kota Malang (Agung & Cyntia, 2009) dengan pendekatan

*pressure-driven flow*. Pada simulasi akustik, sumber kebisingan ditempatkan pada jarak 0,5 m dari sisi luar jendela *Louvre*, sementara titik penerima berada 2,5 m dari sisi dalam jendela *Louvre* (Gambar 5). Rentang frekuensi simulasi berada pada 125–1000 Hz dengan interval 1/3 *octave band*, merepresentasikan karakteristik kebisingan lalu lintas perkotaan (Bakowski dkk., 2019). Tingkat kebisingan input ditetapkan sebesar 80 dB, yang dikonversi menjadi amplitudo tekanan suara sebesar 0,2 Pa.



**Gambar 5.** Posisi Sumber Bising dan Posisi Titik Penerima

Validasi hasil simulasi dilakukan dengan membandingkan nilai ACH terhadap SNI 03-6572-2001, serta nilai kebisingan dibandingkan dengan standar dari Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.48 Tahun 1996.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

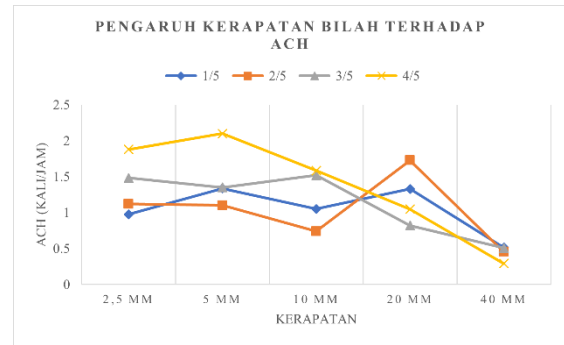
#### 3.1. Kinerja Ventilasi Alami dan Akustik

Hasil simulasi ventilasi alami berupa nilai *volume flow rate* ( $m^3/s$ ) yang dikonversikan ke nilai ACH dengan persamaan:

$$ACH = \frac{Q \times 3600}{V} \dots\dots\dots [1]$$

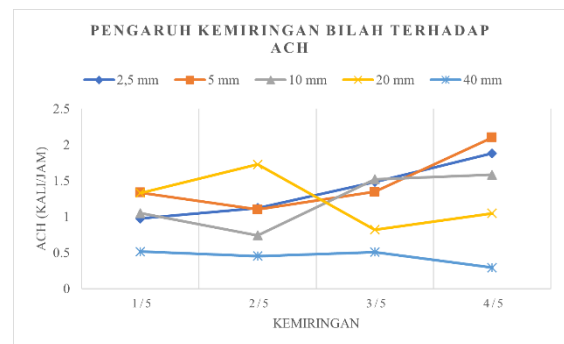
Dimana  $Q$  merupakan *volume flow rate*,  $V$  merupakan volume ruang sebesar  $90m^3$ , kemudian hasilnya di konversi ke dalam satuan jam.

Pada variasi sudut kemiringan bilah, pola perubahan bilah ACH yang dihasilkan tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar konfigurasi. Kerapatan paling kecil yaitu 2,5 mm cenderung menghasilkan nilai ACH yang paling tinggi. Meski terjadi fluktuasi pada tingkat kerapatan lainnya, nilai ACH cenderung menurun pada konfigurasi jarak bilah paling renggang (Gambar 6).



**Gambar 6.** Grafik Pengaruh Kerapatan Bilah terhadap ACH

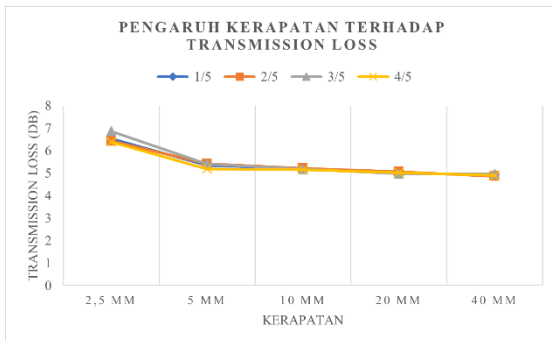
Sementara itu pada variasi kemiringan bilah, nilai ACH menunjukkan pola fluktuasi yang tidak konsisten (Gambar 7). Perubahan sudut kemiringan tidak memperlihatkan hubungan yang jelas terhadap peningkatan maupun penurunan performa ventilasi, sehingga pengaruhnya relatif tidak dominan. Berdasarkan hasil analisis korelasi, variabel kerapatan bilah teridentifikasi sebagai faktor yang paling berpengaruh dalam menentukan nilai ACH, dibandingkan dengan variabel kemiringan yang kontribusinya lebih kecil dalam performa ventilasi alami.



**Gambar 7.** Grafik Pengaruh Kemiringan Bilah terhadap ACH

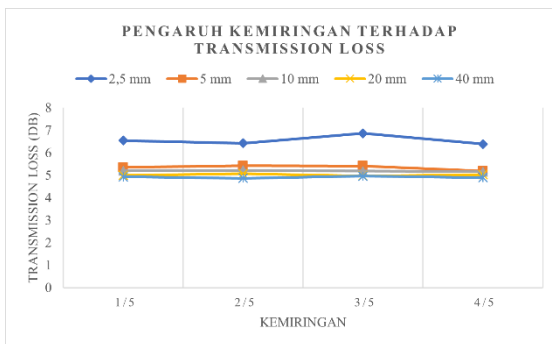
Pada simulasi akustik, perubahan konfigurasi kerapatan bilah menunjukkan pengaruh yang cukup jelas terhadap nilai TL. Semakin rapat jarak antar bilah, nilai TL cenderung meningkat, yang mengindikasikan kemampuan peredaman kebisingan yang lebih baik, sebaliknya, Ketika jarak antar bilah semakin renggang, nilai TL mengalami penurunan, sehingga efektivitas dalam mereduksi suara juga berkurang (Gambar 8). Pola ini menunjukkan bahwa kerapatan bilah berperan dalam mengontrol jalur rambat gelombang suara, dimana jarak yang lebih rapat

memungkinkan terjadinya interaksi yang lebih intens antara gelombang suara dengan permukaan bilah, sehingga energi suara lebih banyak teredam.



**Gambar 8.** Grafik Pengaruh Kerapatan Bilah terhadap TL

Sementara itu, variasi kemiringan bilah menunjukkan pengaruh yang relatif lebih kecil terhadap perubahan nilai TL. Fluktuasi nilai TL pada setiap variasi sudut kemiringan cenderung tidak signifikan dan tidak menunjukkan pola peningkatan atau penurunan yang konsisten (Gambar 9. Grafik Pengaruh Kemiringan Bilah Terhadap T. Sehingga dibandingkan dengan kerapatan bilah, variabel kemiringan memiliki kontribusi yang minim terhadap performa akustik secara keseluruhan.



**Gambar 9.** Grafik Pengaruh Kemiringan Bilah terhadap TL

Analisis korelasi menunjukkan hubungan antara kerapatan bilah dan nilai TL memiliki kecenderungan yang cukup kuat. Semakin kecil jarak antar bilah, nilai TL cenderung meningkat dan sebaliknya. Tingginya nilai korelasi ini menunjukkan bahwa variabel kerapatan bilah memiliki pengaruh yang lebih signifikan terhadap perubahan performa akustik dibandingkan variabel kemiringan. Dengan demikian, kerapatan bilah dapat diidentifikasi sebagai parameter yang

menentukan efektivitas peredaman kebisingan pada sistem jendela *Louvre*.

Kedua hasil simulasi menunjukkan bahwa kerapatan bilah menjadi faktor paling dominan dalam mempengaruhi performa jendela *Louvre*. Hal ini memperkuat teori Kosutova dkk. (2019) bahwa konfigurasi geometris jendela *Louvre* berperan penting dalam menentukan pola aliran udara. Jarak kerapatan bilah yang lebih rapat (2,5mm) menghasilkan nilai ACH yang lebih tinggi, mengindikasikan bahwa semakin rapat jarak bilah mengakibatkan distribusi aliran udara menjadi terarah dan terkontrol. Pada saat yang sama, kerapatan yang rapat juga meningkatkan interaksi gelombang suara dengan permukaan bilah, sehingga berkontribusi pada peredaman suara melalui mekanisme refleksi berulang dan absorpsi sebagian energi gelombang, sejalan dengan prinsip dasar akustik bangunan.

Konfigurasi kemiringan bilah yang menunjukkan fluktuasi performa menunjukkan bahwa sudut bilah mempengaruhi arah dan turbulensi aliran udara sekaligus jalur rambat suara. Hal ini berkaitan dengan temuan Avinash dkk. (2023) dan Astrauskas dkk. (2021) yang menunjukkan bahwa sudut tertentu dapat meningkatkan performa akustik, namun tidak selalu berbanding lurus dengan kinerja ventilasi.

### 3.2 Konfigurasi Optimal Jendela *Louvre*

Dalam menentukan konfigurasi sampel optimal jendela *Louvre*, dilakukan evaluasi kinerja dengan membandingkan hasil simulasi ventilasi alami dan kinerja akustik terhadap standar SNI 03-6572-2001 berupa nilai minimum laju pertukaran udara sebanyak 8 kali/jam dan peraturan Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 11/1996 berupa batas kebisingan untuk kawasan sekolah sebesar 55 dB. Seluruh konfigurasi jendela *Louvre* yang diuji menggunakan material aluminium pada ventilasi alami menghasilkan nilai ACH di rentang sekitar 0.29-2.10 kali/jam, dan pada akustik menghasilkan nilai TL sebesar 4.86-6.86 dB yang artinya penurunan hanya berada di rentang 73-75 dB. Sehingga secara teknis kedua aspek tidak memenuhi ketentuan standar yang berlaku. Konfigurasi Sampel 11 dan Sampel 17 menjadi konfigurasi paling optimal

pada masing-masing aspek ventilasi alami dan akustik, dimana kedua sampel tersebut adalah jendela *Louvre* dengan konfigurasi kerapatan 2,5 mm dan kemiringan 3/5 serta konfigurasi kerapatan 5 mm dan kemiringan 4/5. Selanjutnya, penentuan konfigurasi optimal jendela *Louvre* dilakukan dengan mempertimbangkan kecenderungan dominan masing-masing parameter, seperti yang tertera pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Analisis Kerugian pada Variabel Optimal

Variabel	Rata-rata Hasil dari Kerapatan Bilah		Rata-rata Hasil dari Kemiringan Bilah	
	2,5 mm	5mm	3/5	4/5
Ventilasi Alami (kali/jam)	1.365	1.471	1.136	1.380
Akustik (dB)	6.554	5.340	5.477	5.329

Pada variabel kerapatan, kerugian akustik lebih besar daripada kerugian ventilasi alami karena selisih yang lebih signifikan dan lebih berdampak, sehingga variabel kerapatan yang dipilih adalah kerapatan dengan nilai akustik paling tinggi yaitu 2,5 mm. Sebaliknya, pada variabel kemiringan kerugian ventilasi lebih besar daripada kerugian akustik sehingga kemiringan optimal yang dipilih adalah kemiringan dengan nilai ventilasi alami yang paling tinggi yaitu pada kemiringan 4/5.

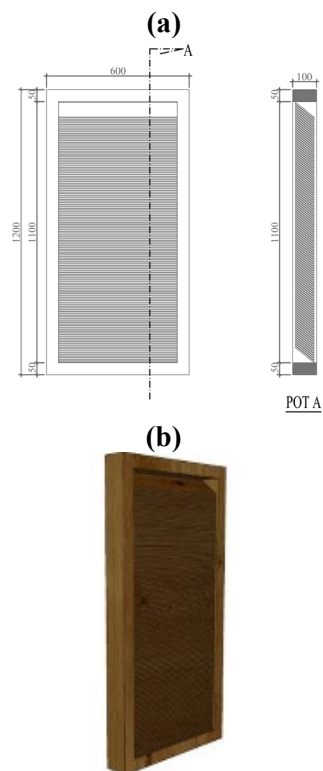
Dengan pertimbangan tersebut, maka konfigurasi kerapatan 2,5 mm dan kemiringan 4/5 atau Sampel 16 dipilih sebagai konfigurasi paling efektif dalam kompromi antara ventilasi alami dan akustik dalam sistem jendela *Louvre*. Selanjutnya, konfigurasi tersebut diterapkan pada material kayu jati dan menghasilkan kinerja material yang tertera pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Perbandingan Kinerja Material

Variabel	Alumini um	Kayu Jati	Selisi h	Presentase
Ventilasi Alami (kali/jam)	1.88	1.76	0.12	6.38 % ↓
Akustik (dB)	6.388	3.08	3.08	48.21 % ↑

Penerapan konfigurasi optimal (Sampel 16) pada material kayu jati untuk ventilasi alami menunjukkan bahwa kinerja ventilasi mengalami penurunan nilai ACH sebesar 6.38%, hal tersebut dapat dikarenakan perubahan dimensi ketebalan bilah dari 1,5 mm

untuk material aluminium menjadi 5 mm untuk material kayu jati, sehingga area penampang jendela yang terbuka menjadi lebih kecil dan mempengaruhi volume udara yang masuk ke dalam ruang. Pada variabel akustik, kemampuan material kayu jati dalam meredam kebisingan meningkat sebesar 48.21% dibandingkan dengan material aluminium. Hal ini sejalan dengan temuan Astrauskas dkk. (2021) dimana ketebalan bilah berkontribusi terhadap peningkatan kinerja peredaman suara. Selain itu, jarak celah antar *Louvre* yang sempit juga mempengaruhi jalur transmisi suara menjadi lebih terbatas sehingga gelombang suara lebih berinteraksi dengan permukaan bilah dan terjadi pantulan berulang yang meningkatkan hilangnya energi suara karena refleksi, hamburan, serta absorpsi permukaan material, sehingga energi suara yang diteruskan menjadi lebih kecil (Elitsa, 2016). Adapun desain jendela *Louvre* kayu jati Sampel 16 dengan kerapatan bilah 2,5mm dan kemiringan bilah 4/5 atau 39° dapat dilihat pada Gambar 10.



**Gambar 10.** Sampel 16 Desain Jendela *Louvre* Paling Optimal (a) Desain 2D, (b) Desain 3D

Penggunaan material kayu jati pada Sampel 16 menunjukkan hasil yang konsisten dengan teori material berpori dalam akustik oleh Aung dkk., (2020) bahwa material dengan porositas alami

memiliki koefisien absorpsi suara yang lebih tinggi dibandingkan material padat seperti aluminium. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan material, khususnya material berpori alami seperti kayu jati, berperan cukup signifikan dalam meningkatkan performa akustik tanpa harus mengubah konfigurasi geometris secara signifikan.

#### 4. KESIMPULAN

Meskipun ventilasi alami merupakan strategi penting dalam menekan konsumsi energi, implementasinya seringkali menghadapi keterbatasan kontekstual yang mempengaruhi efektivitasnya, dalam hal ini adalah masalah kebisingan lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh konfigurasi jendela *Louvre* belum mampu memenuhi standar laju pertukaran udara dalam SNI 03-6572-2001 maupun batas kebisingan yang ditetapkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.48 Tahun 1996.

Konfigurasi kerapatan jarak antar bilah *Louvre* teridentifikasi sebagai parameter paling dominan dalam mempengaruhi kinerja ventilasi alami dan akustik dibandingkan dengan kemiringan bilah yang menunjukkan pengaruh yang relatif kecil. Dengan demikian, konfigurasi kerapatan 2,5 mm dan kemiringan 4/5 pada material kayu jati dapat diposisikan sebagai solusi kompromi yang relevan untuk konteks bangunan tropis di Indonesia, sekaligus mendukung pengembangan strategi desain pasif yang lebih adaptif terhadap beberapa tipologi bangunan dan kondisi lingkungan perkotaan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mempertegas bahwa desain jendela *Louvre* sebagai elemen ventilasi alami tidak dapat dioptimalkan hanya melalui satu parameter, melainkan memerlukan pendekatan integratif antara konfigurasi geometris dan pemilihan material. Temuan ini juga mengisi celah penelitian sebelumnya yang cenderung memisahkan analisis ventilasi dan akustik, dengan menunjukkan bahwa kedua aspek tersebut memungkinkan untuk saling berinteraksi dan menghasilkan *trade-off*.

Pengembangan penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada pendekatan ventilasi *wind-driven ventilation* dimana aliran udara

dipengaruhi secara langsung oleh kecepatan angin dan tekanan dinamis akibat tumbukan angin pada fasad bangunan. Penelitian selanjutnya juga dapat diarahkan untuk mengeksplorasi parameter geometris lain yang masih berada dalam lingkup desain seperti dimensi jendela, lebar bilah, ketebalan bilah, dan lain-lain, serta mengevaluasi penerapan konfigurasi dengan jumlah bukaan yang lebih banyak atau penerapan *cross-ventilation* dengan penggunaan rentang frekuensi yang lebih luas.

#### KONTRIBUSI PENULIS

Penulis pertama (FM) berperan dalam konseptualisasi penelitian, penyusunan metodologi, pemodelan dan pelaksanaan simulasi, serta penulisan naskah. Penulis kedua (NB) berperan dalam supervisi penelitian, konseptualisasi metodologi, validasi metodologi dan hasil. Penulis ketiga (DP) berperan dalam supervisi penelitian, perumusan kerangka teori, dan peninjauan naskah.

#### REFERENSI

- Aflaki, A., Mahyuddin, N., Al-Cheikh Mahmoud, Z., & Baharum, M. R. (2015). A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates. *Energy and Buildings*, *101*, 153–162. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.04.033>
- Agung, M. N., & Cyntia, P. D. (2009). *Optimization of window and overhang design for housing natural ventilation in Malang*.
- Al-Isawi, R., Idan, I. J., & Hassan, A. A. (2022). Investigation of noise pollution in an educational building – case study of Babylon University in Iraq. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *961*(1), 012068. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/961/1/012068>
- Elitsa, I. (2016). Acoustics and noise in schools. *World Science*, *1*(7), 86–91. <https://rscpublisher.org/index.php/ws/article/view/998>

- Aries, M. B. C., Veitch, J. A., & Newsham, G. R. (2010). Windows, view, and office characteristics predict physical and psychological discomfort. *Journal of Environmental Psychology*, 30(4), 533–541.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.12.004>
- Astrauskas, T., Baltrėnas, P., Januševičius, T., & Grubliauskas, R. (2021). *Louvred noise barrier for traffic noise reduction*. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 16(1), 140–154.  
<https://doi.org/10.7250/BJRBE.2021-16.519>
- Aung, M., Shwe, E., Oo, S., & Chan, Y. (2020). Acoustic absorption properties of five kinds of Myanmar wood. *Journal of the Myanmar Academy of Arts and Science*, 18(2A) 487–496.
- Avinash, G., Kumar, S., Goutham Krishna, B., Mohammed Akram, B., Manoj, K., Eshanth, R., & Sriprasad, N. S. (2023). Acoustic analysis of effect of louver window material in noise attenuation. In *Lecture Notes in Mechanical Engineering* (pp. 389–401).  
[https://doi.org/10.1007/978-981-19-3266-3\\_30/FIGURES/13](https://doi.org/10.1007/978-981-19-3266-3_30/FIGURES/13)
- Aziz, M. A., & Ramadhan, T. (2024). Secondary skin facade for urban noise reduction: A case study of Bandung creative hub co-working space. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1404(1), 012049.  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1404/1/012049>
- Bąkowski, A., Radziszewski, L., Świetlik, P., & Dekýš, V. (2019). Frequency analysis of urban traffic noise. In *Proceedings of the International Carpathian Control Conference* (p. 166)
- Budiastomo, D., Budiastomo, D. M. P., & Sylvia, N. (2020). Tinjauan material kayu untuk drawer meja (meja nakas). *Narada: Jurnal Desain Dan Seni*, 7(1), 45–60.  
<https://doi.org/10.22441/narada.2020.v7.i1.004>
- Bulbaai, R., & Halman, J. I. M. (2021). Energy-efficient building design for a tropical climate: A field study on the caribbean island curacao. *Sustainability (Switzerland)*, 13(23).  
<https://doi.org/10.3390/su132313274>
- Chenari, B., Dias Carrilho, J., & Gameiro Da Silva, M. (2016). Towards sustainable, energy-efficient and healthy ventilation strategies in buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1426–1447.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.074>
- Ching, F. D. K. (2014). *Building construction illustrated* (5th ed.). John Wiley & Sons.
- Harisun, E., & Conoras, M. A. M. S. (2018). Karakteristik tipologi arsitektur kolonial Belanda rumah Bastion Benteng Fort Oranje di Ternate. *Journal of Science and Engineering*, 1(1), 51–60.  
<https://doi.org/10.33387/josae.V1I1.751>
- Kosutova, K., Hooff, T. van, Vanderwel, C., Blocken, B., & Hensen, J. (2019). Cross-ventilation in a generic isolated building equipped with louvers: Wind-tunnel experiments and CFD simulations. *Building and Environment*, 154, 263–280.  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.03.019>
- Marwati, M., & Andriani, S. (2017). Tipologi bukaan pada rumah tradisional Bugis di Benteng Somba Opu Makassar. *Nature: National Academic Journal of Architecture*, 4(2), 107–120.  
<https://doi.org/10.24252/nature.v4i2a3>
- Mealings, K. (2016). *Classroom acoustic conditions: Understanding what is suitable through a review of national and international standards, recommendations, and live classroom measurements*. 1047–1056.  
<https://researchers.mq.edu.au/en/publications/classroom-acoustic-conditions-understanding-what-is-suitable-thro/>

- Nisa'Q, M. F., & Arsana, I. W. (2023). Makna simbolik pada rumah berarsitektur Majapahit di Desa Bejjong Kecamatan Trowulan Kabupaten Mojokerto. *Dharma Acariya Nusantara: Jurnal Pendidikan, Bahasa Dan Budaya*, 1(1), 1–20. <https://doi.org/10.47861/jdan.V1I1.95>
- Prasetyo, P. H. (Pratama), & Assomadi, A. F. (Abdu). (2018). Analisis pola kebisingan akibat transportasi di sekitar area fasilitas kesehatan kota (Studi Kasus: RSUD Dr. Soetomo Surabaya). *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), 509707. <https://doi.org/10.12962/J23373539.V7I1.29148>
- Sukarno, P. G., Antariksa, & Suryasari, N. (2014). Karakter visual fasade bangunan Kolonial Belanda Rumah Dinas BAKORWIL Kota Madiun. *NALARs*, 13(2). <https://doi.org/10.24853/nalars.13.2>
- Tjahjono, N., Hanafi, I., Latipun, L., & Suyadi, S. (2021). Traffic noise level assessment in the residential area around different road functions in Malang city, East Java, Indonesia. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 29(3), 1419–1430. <https://doi.org/10.47836/pjst.29.3.05>
- Tong, Z., Chen, Y., & Malkawi, A. (2016). Defining the influence region in neighborhood-scale CFD simulations for natural ventilation design. *Applied Energy*, 182, 625–633. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.098>
- Wasiela, N., & Subiyantoro, H. (2025). Pengaruh pencahayaan dan penghawaan alami pada bangunan sekolah terhadap keluhan sick building syndrome bagi pelajar. *Journal of Architecture and Urbanism Research*, 8(2), 428–439. <https://doi.org/10.31289/jaur.v8i2.14364>