

# INOVASI DESAIN ARSITEKTURAL DAN TEKNOLOGI CERDAS DALAM MITIGASI KEBISINGAN HUNIAN DI SEKITAR BANDARA ELTARI KUPANG

Rhodys Ndoen\*<sup>1</sup>, Jeni Messakh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Citra Bangsa

\*Email: [nrhodys55@ucb.ac.id](mailto:nrhodys55@ucb.ac.id)

<sup>2</sup> Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Citra Bangsa

\*Email: [yennymessakh1@gmail.com](mailto:yennymessakh1@gmail.com)

## \*Corresponding author

To cite this article: Rhodys Ndoen, Jeni Messakh (2025): Inovasi Desain Arsitektural dan Teknologi Cerdas dalam Mitigasi Kebisingan Hunian di Sekitar Bandara El Tari Kupang, Jurnal Ilmiah Arsitektur, 15(2), 141-149

## Author information

Rhodys Ndoen, fokus riset bidang Arsitektur Digital, Sinta ID : 6780502

Jeni Messakh : fokus riset Bidang Arsitektur.

## Homepage Information

Journal homepage : <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/jiars>

Volume homepage : <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/jiars/issue/view/488>

Article homepage : <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/jiars/article/view/10564>

# INOVASI DESAIN ARSITEKTURAL DAN TEKNOLOGI CERDAS DALAM MITIGASI KEBISINGAN HUNIAN DI SEKITAR BANDARA ELTARI KUPANG

Rhodys Ndoen\*<sup>1</sup>, Jeni Messakh<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Citra Bangsa

Email: [nrhodys55@ucb.ac.id](mailto:nrhodys55@ucb.ac.id), [yennymessakh1@gmail.com](mailto:yennymessakh1@gmail.com)

## INFO ARTIKEL

### Riwayat Artikel :

Diterima : 11 November 2025  
Direvisi : 12 Desember 2025  
Disetujui : 24 Desember 2025  
Diterbitkan : 31 Desember 2025

### Kata Kunci :

Mitigasi Kebisingan; Desain Responsif; Material Cerdas; Simulasi Akustik; Partisipasi Masyarakat

## ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji integrasi desain arsitektural, material peredam cerdas, dan pendekatan sosial partisipatif untuk mitigasi kebisingan pada hunian di sekitar Bandara El Tari Kupang. Tingkat kebisingan eksternal yang tercatat 73,1–94,6 dB(A) signifikan melampaui baku mutu kawasan permukiman 55 dB(A), mengindikasikan bahwa selubung bangunan eksisting belum mampu memberikan perlindungan akustik yang memadai dan memerlukan strategi mitigasi yang terencana dan terintegrasi. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif–komparatif dipadukan dengan metode eksperimen semu dan partisipatif melalui karakterisasi elemen arsitektural eksisting, pengembangan tiga skenario prototipe hunian responsif (modifikasi fasad geometrik, material peredam cerdas, dan vegetasi berlapis), serta evaluasi akustik menggunakan analisis *Transmission Loss (TL)* dan *noise mapping*. Pendekatan sosial diintegrasikan melalui kuesioner dan workshop untuk menggali persepsi gangguan, literasi akustik, dan kesiapan masyarakat mengadopsi desain adaptif sebagai bagian dari pemberdayaan. Hasil simulasi menunjukkan skenario material peredam cerdas memberikan reduksi tertinggi (15–18 dB(A)), sedangkan kombinasi ketiga skenario menghasilkan efek peredaman berlapis yang menurunkan kebisingan ruang dalam mendekati batas kenyamanan hunian. Penelitian menghasilkan prototipe hunian adaptif, paket intervensi bertahap sesuai kemampuan warga, dan model edukasi berbasis komunitas yang menawarkan rekomendasi desain berbasis bukti bagi arsitek, pemerintah daerah, dan masyarakat dalam pengembangan hunian berkelanjutan di kawasan bising bandara.

## ARTICLE INFO

### Article History :

Received : November 11, 2025  
Revised : December 12, 2025  
Accepted : December 24, 2025  
Published: December 31, 2025

### Keywords:

Noise Mitigation; Responsive Design; Smart Materials; Acoustic Simulation; Community Participation.

## ABSTRACT

*This study examines the integration of architectural design strategies, smart noise-control materials, and participatory social approaches to mitigate aircraft noise in residential areas surrounding El Tari Airport in Kupang. External noise levels measured at 73.1–94.6 dB(A) significantly exceed the residential standard of 55 dB(A), indicating that existing building envelopes provide insufficient acoustic protection and necessitate a planned and integrated mitigation strategy. The research employs a descriptive–comparative approach combined with quasi-experimental and participatory methods through characterization of existing architectural elements, development of three responsive housing prototype scenarios (geometric façade modification, smart noise-reducing materials, and layered vegetation), and acoustic performance evaluation using Transmission Loss (TL) analysis and noise mapping. Social participation is integrated through questionnaires and workshops to capture residents' perceived disturbance, acoustic literacy, and readiness to adopt adaptive housing designs as part of a broader empowerment strategy. Simulation results show that the smart-material scenario achieves the highest reduction (15–18 dB(A)), while the combination of all three scenarios produces a layered mitigation effect that reduces indoor noise levels to approach residential comfort limits. The study delivers an adaptive housing prototype, a phased intervention package tailored to residents' economic capacities, and a community-based educational model, providing evidence-based design recommendations for architects, local governments, and communities in developing sustainable housing in airport noise-affected areas.*

## PENDAHULUAN

Bandara El Tari Kupang, sebagai salah satu gerbang utama transportasi udara di Nusa Tenggara Timur, menghadapi tantangan signifikan terkait dampak lingkungan akibat aktivitas penerbangan yang terus meningkat. Intensitas kebisingan di sekitar bandara ini telah mencapai tingkat yang mengkhawatirkan bagi permukiman di sekitarnya. Berdasarkan penelitian terdahulu, tingkat kebisingan di permukiman sekitar Bandara El Tari Kupang tercatat mencapai 73,1–94,6 dB(A) (I.M Klobor, 2019). Angka tersebut secara signifikan melampaui ambang batas baku mutu kebisingan sebesar 55 dB(A) untuk kawasan perumahan sebagaimana ditetapkan oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup pada tahun 1996. Temuan ini menegaskan urgensi perlunya intervensi fisik karena kondisi eksisting hunian belum mampu meredam dampak kebisingan eksternal secara efektif (Ndoen R. S., 2024)

Dampak paparan kebisingan yang berlangsung dalam jangka panjang tidak dapat diabaikan karena berpengaruh langsung terhadap kualitas hidup masyarakat. Paparan suara berintensitas tinggi secara terus-menerus berpotensi menimbulkan berbagai gangguan kesehatan, mulai dari gangguan tidur hingga stres psikologis. Selain itu, sumber kebisingan bersifat kompleks karena tidak hanya ditentukan oleh frekuensi penerbangan, tetapi juga oleh karakteristik pesawat, pola operasional, serta kondisi lingkungan dan bangunan di sekitarnya. (I.M Klobor, 2019), tetapi juga karakteristik spektral dari berbagai tipe pesawat yang memiliki jejak akustik berbeda (Safrudin Tolinggi; Moh. Rivandi Dengo, 2024).

Dalam konteks manajemen kebisingan bandara, pendekatan *Balanced Approach* merekomendasikan intervensi komprehensif mulai dari sumber suara hingga penerima (Zaporozhets, 2022). Namun, bagi permukiman yang sudah terlanjur terbangun di zona bising (*existing settlements*), intervensi paling realistis dan cepat adalah melalui adaptasi desain bangunan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengendalian bising arsitektural pada bangunan dapat mengurangi kebisingan ruang dengan memperhatikan kondisi kebisingan lingkungan eksternal (Ndoen R. , 2018). Tantangan utamanya adalah mayoritas rumah di lokasi tersebut masih menggunakan desain konvensional dengan material dinding tunggal dan bukaan ventilasi yang menghadap langsung ke sumber bising, sehingga gagal meredam intrusi suara.

Oleh karena itu, diperlukan strategi pengendalian bising arsitektural yang aplikatif dan berbasis pada material lokal namun efektif. Pengendalian bising tergantung pada lokasi dan skala, mencakup pengendalian pada bangunan serta lingkungan sekitarnya (Nur Laela Latifah, 2015). Fokus pada elemen-elemen selubung bangunan (*building envelope*) sangat penting dalam mengontrol penyebaran suara, pemantulan, terhadap aspek kenyamanan audial (Karina

Simarmata, 2024) Dalam perancangan bangunan tropis dengan ventilasi alami, strategi penanganan kebisingan dilakukan melalui tiga pendekatan utama: desain lansekap, desain bukaan, serta pengkondisian akustik ruang dengan material pereduksi *noise* dari luar ruang (Frengky B. Ola, 2023).

Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan secara cepat adalah penggunaan material dan konfigurasi fasad yang tepat guna. Inovasi tidak harus selalu menggunakan teknologi tinggi yang mahal, tetapi bisa melalui pemilihan material cerdas. Efisiensi penurunan tingkat kebisingan dapat dicapai melalui integrasi elemen vegetasi seperti tanaman Pucuk Merah dan Asoka yang terbukti efektif sebagai penghalang suara alami (Hani Anggraini Putri, 2022). Selain itu, modifikasi lapisan dinding atau *secondary skin* dapat bekerja efektif mereduksi kebisingan melalui mekanisme penyerapan dan pemantulan suara (Dewi, 2017).

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan tiga pendekatan sekaligus: (1) Analisis arsitektural berbasis data kebisingan lapangan, (2) Desain prototipe hunian responsif berbasis teknologi dan material cerdas, dan (3) Strategi penguatan sosial dan edukasi masyarakat untuk meningkatkan adopsi. Pendekatan holistik ini diharapkan mampu menghasilkan solusi mitigasi kebisingan yang tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga aplikatif dan diterima oleh masyarakat lokal.

Penelitian ini merumuskan tiga permasalahan utama, yaitu:

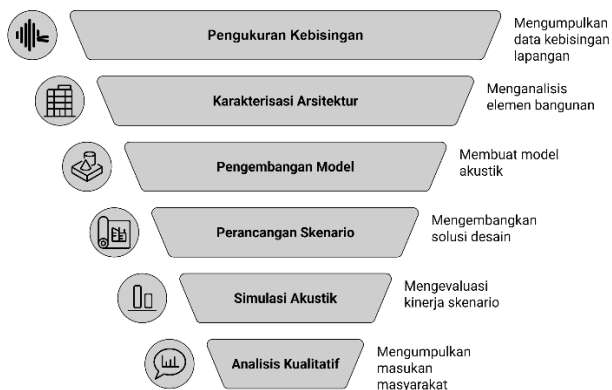
1. Bagaimana karakteristik elemen arsitektural eksisting pada hunian di sekitar Bandara El Tari Kupang yang berkontribusi terhadap tingginya intrusi kebisingan?
2. Bagaimana merancang prototipe hunian responsif terhadap kebisingan yang aplikatif dan sesuai untuk diterapkan oleh masyarakat setempat?
3. Bagaimana pendekatan sosial mampu meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam penerapan desain mitigasi kebisingan berbasis teknologi dan arsitektur?

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi tiga komponen utama: (1) pemodelan akustik tiga skenario prototipe hunian responsif (modifikasi fasad, material peredam cerdas, dan vegetasi berlapis), (2) pengembangan paket intervensi bertahap yang dapat diadaptasi oleh hunian eksisting di zona bising bandara, dan (3) penguatan dimensi sosial melalui edukasi dan partisipasi komunitas untuk mendorong adopsi desain mitigasi kebisingan..

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif–komparatif yang dipadukan dengan metode eksperimen semu dan pendekatan partisipatif untuk mengevaluasi efektivitas strategi mitigasi kebisingan pada hunian di sekitar Bandara

El Tari Kupang. Tahapan penelitian secara ringkas ditunjukkan pada (Gambar 1) merupakan alur tahapan penelitian



Gambar 1. Diagram alur tahapan penelitian

Tahap pertama adalah pengukuran kebisingan, yaitu pengumpulan data kebisingan lapangan selama 17 jam menggunakan sound level meter (SLM) pada 40 titik rumah yang dipilih melalui teknik *purposive sampling* berdasarkan intensitas kebisingan 75–95 dB(A), kedekatan dengan jalur terbang, dan kepadatan permukiman. Pada tahap ini juga dilakukan pencatatan kondisi cuaca serta dokumentasi visual lingkungan hunian.

Tahap kedua, karakterisasi arsitektur, berfokus pada analisis elemen bangunan yang memengaruhi perambatan suara, meliputi jenis atap, dinding, bukaan, plafon, konfigurasi ruang, dan vegetasi pelindung di sekitar fasad. Hasil pengukuran dan observasi digunakan untuk menyusun profil tipikal selubung bangunan serta kinerja reduksi kebisingan luar–dalam ruang.

Tahap ketiga adalah pengembangan model, yaitu mengubah data lapangan menjadi model akustik digital menggunakan *SketchUp*, *NoiseTools*, dan *Google Earth*. Model tersebut kemudian disesuaikan (dikalibrasi) dengan cara membandingkan hasil simulasi dan hasil pengukuran langsung, hingga perbedaan nilai kebisingan berada pada batas yang dapat diterima.

Tahap keempat, perancangan skenario, menghasilkan tiga skenario prototipe mitigasi kebisingan, yaitu modifikasi fasad geometrik, penerapan material peredam cerdas, dan penataan vegetasi berlapis sebagai penghalang suara. Setiap skenario divisualisasikan dalam gambar teknis 2D, model 3D, dan detail konstruksi sebagai dasar uji performa akustik.

Tahap kelima adalah simulasi akustik, yang dilakukan untuk mengevaluasi kinerja masing-masing skenario melalui perhitungan *Transmission Loss* (TL) dan pemetaan sebaran kebisingan (*noise mapping*). Analisis kuantitatif menggunakan statistik deskriptif, regresi, dan korelasi digunakan untuk menilai hubungan antara karakteristik bangunan dan perbedaan tingkat kebisingan luar–dalam ruang

Tahap terakhir adalah analisis kualitatif, yang dilakukan dengan mengolah kuesioner dan masukan masyarakat untuk memahami tingkat gangguan kebisingan, kendala penerapan, serta pilihan (Alonso, Suárez, Patricio, Escandón, & Sendra, 2021)masyarakat terhadap desain mitigasi. Hasil analisis ini kemudian digabungkan dengan analisis kuantitatif sebagai dasar penyusunan rekomendasi desain mitigasi kebisingan yang mudah diterapkan dan sesuai dengan kondisi permukiman di sekitar Bandara El Tari Kupang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Karakteristik Elemen Arsitektural Eksisting

Hasil pengukuran pada 40 rumah di sekitar Bandara El Tari menunjukkan bahwa tingkat kebisingan luar ruang berada pada kisaran 73,1–94,6 dB(A), sedangkan kebisingan di dalam ruang berkisar 60–85,8 dB(A). Selisih atau reduksi kebisingan yang terjadi hanya 0,4–16,2 dB, dengan sebagian besar rumah berada pada rentang 5–10 dB. Nilai ini belum cukup untuk menurunkan kebisingan hingga mendekati batas kenyamanan hunian 55 dB(A). Temuan ini menunjukkan bahwa selubung bangunan eksisting belum mampu meredam kebisingan secara efektif, terutama pada rumah yang berada dekat jalur lepas landas dan pendaratan pesawat.

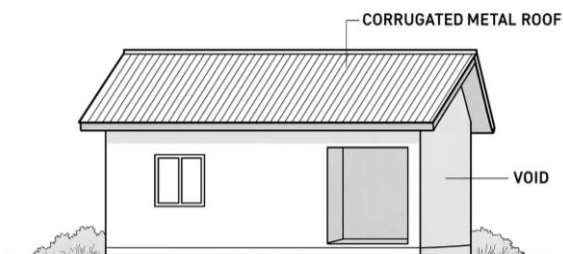
Secara arsitektural, rendahnya kinerja akustik tersebut berkaitan dengan sejumlah karakteristik fisik bangunan. Atap seng gelombang yang digunakan oleh 72,5% rumah memiliki massa rendah sehingga mudah mentransmisikan kebisingan frekuensi tinggi maupun rendah. Dinding bata plester tunggal dan keberadaan *void* atau lubang angin pada 92,5% rumah juga menjadi jalur masuk dominan bagi kebisingan pesawat. Selain itu, banyak rumah belum dilengkapi plafon pada seluruh ruang, sehingga rongga atap menjadi ruang resonansi yang memperkuat suara. Dari sisi lansekap, 37,5% rumah tidak memiliki vegetasi pelindung di fasad yang menghadap runway, sementara vegetasi yang ada umumnya tunggal, rendah, dan jarang (kerimbunan terbatas) sehingga tidak efektif berfungsi sebagai *noise barrier*.

Tabel 1. Ringkasan karakteristik hunian eksisting dan kinerja akustik

Parameter	Kondisi dominan / rentang
Kebisingan luar ruang	73,1–94,6 dB(A)
Kebisingan dalam ruang	60–85,8 dB(A)
Efektivitas reduksi kebisingan	0,4–16,2 dB (umum 5–10 dB)
Jenis atap	72,5% seng gelombang
Dinding	92,5% bata plester tunggal
Bukaan void/lubang angin	Ada pada 92,5% rumah
Vegetasi sebagai penghalang	Ada 62,5%; tidak ada 37,5%

Tabel 1 memberikan gambaran bahwa kebisingan di luar dan di dalam ruang hunian masih berada pada

tingkat yang tinggi, sementara kemampuan selubung bangunan dalam meredam suara relatif rendah. Kombinasi penggunaan atap seng, dinding bata plester tunggal, banyaknya bukaan dan *void*, serta keterbatasan vegetasi pelindung menunjukkan bahwa konfigurasi arsitektural eksisting belum dirancang sebagai sistem peredam bising yang efektif secara nyata untuk diterapkan pada hunian di lapangan, sebagaimana diilustrasikan pada gambar berikut.



Gambar 2. Skema tipikal hunian eksisting yang menunjukkan atap seng, dinding tunggal, *void* pada fasad, dan minim vegetasi di sisi yang menghadap landasan. (Sumber: sketsa penulis berdasarkan data lapangan)

Temuan tersebut sejalan dengan penelitian terdahulu (Ndoen R. S., 2024) yang menunjukkan bahwa rumah dengan elemen selubung lebih masif—seperti atap berinsulasi, plafon akustik, dan vegetasi pada fasad—mampu menghasilkan efektivitas reduksi kebisingan lebih tinggi, yakni sekitar 12–16,2 dB. Dengan demikian, elemen arsitektural tidak dapat dipandang sebagai tambahan semata, melainkan faktor penentu yang sangat memengaruhi besarnya kebisingan yang masuk ke ruang hunian. Studi terkini juga menunjukkan bahwa kombinasi massa dinding yang tinggi, konfigurasi bukaan yang tidak langsung menghadap sumber bising, serta lapisan tambahan pada selubung bangunan dapat meningkatkan penurunan kebisingan ruang dalam pada permukiman yang terpapar lalu lintas dan infrastruktur transportasi. (Tahrir Taki Ali Almusawi, 2025)

## 2. Prototipe Hunian Responsif terhadap Kebisingan

Untuk mengatasi kelemahan selubung bangunan eksisting, penelitian ini mengembangkan prototipe hunian responsif kebisingan dengan tiga skenario utama, yaitu modifikasi fasad geometrik, penggunaan material peredam cerdas, dan vegetasi berlapis. Perancangan prototipe didasarkan pada prinsip perlindungan berlapis (*layered protection*):

1. Vegetasi sebagai lapisan pertama,
2. Fasad ganda sebagai lapisan kedua, serta
3. Pengaturan ruang dalam serta penerapan plafon akustik sebagai lapisan ketiga.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario fasad geometrik mampu memberikan reduksi kebisingan sebesar 8–10 dB, skenario material peredam cerdas sebesar 15–18 dB, dan vegetasi

berlapis mereduksi sebesar 3–5 dB. Reduksi kebisingan pada skenario material cerdas lebih tinggi dibandingkan kinerja terbaik pada hunian eksisting yang mampu mencapai angka (**16,2 dB**), sehingga menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan apabila desain prototipe diterapkan secara konsisten. Ketika ketiga skenario tersebut dikombinasikan, reduksi kebisingan yang dihasilkan menjadi lebih stabil dan mampu menurunkan tingkat kebisingan dalam ruang hingga mendekati, bahkan pada beberapa ruang melampaui, batas kenyamanan hunian pada area yang mendapatkan perlindungan akustik. Pola peningkatan kinerja ini sejalan dengan kajian akustik terkini yang menegaskan peran fasad ganda, konfigurasi bukaan yang diarahkan menjauhi sumber bising, dan penggunaan material berpori dalam meningkatkan *Transmission Loss* pada bangunan yang terpapar kebisingan lalu lintas maupun bandara (Alonso, Suárez, Patricio, Escandón, & Sendra, 2021).

Selain itu, studi mengenai retrofit jendela dan sistem glazing berlapis pada fasad permukiman menunjukkan bahwa penerapan kaca laminated dengan rongga udara yang memadai dapat meningkatkan insulasi kebisingan beberapa desibel dibandingkan jendela tunggal konvensional (Alonso, Suárez, Patricio, Escandón, & Sendra, 2021)

Tabel 2. Perbandingan kinerja hunian eksisting dan skenario prototipe

Aspek	Hunian Eksisting	Skenario Fasad Geometrik	Skenario Material Cerdas	Skenario Vegetasi Berlapis
Rentang reduksi aktual	0,4–16,2 dB (umum 5–10 dB)	8–10 dB (simulasi)	15–18 dB (simulasi)	3–5 dB (simulasi)
Atap	Seng gelombang	Seng atau bentuk pelindung	Genteng beton/ atap berlapis isolasi	Tetap, dilindungi vegetasi depan
Dinding	Bata plester tunggal	Orientasi & perisai fasad	Double skin, bata berpori	Tidak berubah, tertutup hijau
Bukaan	Void besar, lubang angin	Bukaan tidak menghadap runway	Bukaan berlapis & kaca laminated	Dibayangi vegetasi
Vegetasi	Terbatas/ tidak ada	Minimal	Minimal	Berlapis, rimbun dan terarah

Tabel 2 menunjukkan bahwa setiap skenario prototipe memberikan kontribusi berbeda terhadap peningkatan kinerja akustik. Material cerdas menghasilkan reduksi terbesar, sementara fasad geometrik dan vegetasi berlapis berfungsi sebagai penguat. Jika diterapkan secara bersamaan, ketiga skenario memberikan efek peredaman berlapis yang mampu menurunkan kebisingan ruang secara lebih stabil dan efektif.

Arah pengembangan prototipe ini juga konsisten dengan tren *smart façade*, di mana material berperforma akustik tinggi dan lapisan

adaptif dimanfaatkan untuk meningkatkan kenyamanan akustik pada bangunan dekat sumber bising (Fathi & Fakhraeimanesh, 2025). Rangkaian prinsip tersebut kemudian diwujudkan dalam bentuk prototipe hunian adaptif yang divisualisasikan pada Gambar 3



Gambar 3. Ilustrasi 3D Prototipe dengan kombinasi *double skin facade*, bukaan yang dibelokkan dari arah *runway*, dan strip vegetasi Pucuk Merah serta Asoka di depan fasad. (Sumber: visualisasi penulis)

Analisis perbandingan ini menunjukkan bahwa penggunaan material cerdas memberikan pengurangan kebisingan yang paling besar. Namun, kinerjanya menjadi lebih konsisten ketika dikombinasikan dengan bentuk fasad yang tepat dan penambahan vegetasi. Untuk hunian yang sudah ada, prototipe ini dapat diterapkan secara bertahap, mulai dari menutup area void dengan bukaan berlapis, menambahkan plafon akustik, hingga memasang *secondary skin* sederhana menggunakan *roster* atau bata berpori.

Tabel 3. Paket intervensi bertahap mitigasi kebisingan pada hunian eksisting

Level Biaya/Paket	Komponen Intervensi Utama	Contoh Tindakan pada Rumah Eksisting	Perkiraan Dampak terhadap Reduksi Kebisingan*
Low cost	Penataan bukaan dan vegetasi dasar	Menutup sebagian lubang angin langsung ke <i>runway</i> , mengarahkan ulang bukaan utama, menanam Pucuk Merah/Asoka di depan fasad	Tambahan ±3–5 dB(A)
Medium	Penambahan plafon dan perbaikan bukaan	Menambah plafon gypsum/akustik di ruang utama, mengganti void dengan jendela berkaca double/berlapis	Tambahan ±5–10 dB(A)
High	Penerapan lapisan fasad ganda dan material peredam cerdas	Menambahkan <i>secondary skin</i> ( <i>roster</i> /bata berpori), atap diganti ke genteng beton atau atap berlapis isolasi, kaca laminated di sisi bising	Tambahan ±10–15 dB(A)

\*Keterangan: angka reduksi bersifat indikatif, disesuaikan dengan kombinasi elemen dan kondisi kebisingan awal.

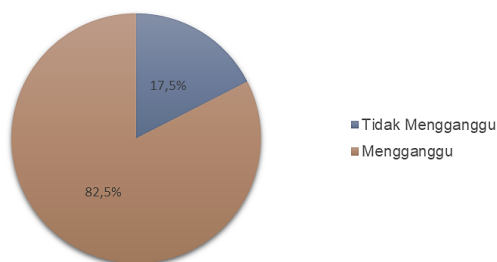
### 3. Pendekatan Sosial dan Peningkatan Partisipasi

Pendekatan sosial dalam penelitian ini diperkuat melalui analisis kuesioner yang memberikan gambaran mengenai persepsi, tingkat pemahaman, dan kesiapan masyarakat untuk terlibat dalam upaya mitigasi kebisingan. Temuan tersebut menunjukkan bahwa efektivitas desain arsitektural dan teknologi peredam sangat dipengaruhi oleh tingkat penerimaan serta partisipasi aktif warga.

Secara umum, kebisingan pesawat dipersepsikan sebagai gangguan yang signifikan oleh warga di sekitar Bandara El Tari Kupang. Sebanyak 82,5% responden mengaku terganggu oleh kebisingan dalam aktivitas sehari-hari, sedangkan hanya 17,5% yang menyatakan bahwa dampaknya tidak terlalu mengganggu. Data ini menegaskan bahwa kebisingan pesawat merupakan isu lingkungan yang serius dan perlu ditangani melalui intervensi yang terencana di kawasan permukiman sekitar bandara.

Pola gangguan tersebut sejalan dengan hasil penelitian di permukiman sekitar bandara lain yang menunjukkan tingginya tingkat gangguan kenyamanan dan gangguan tidur akibat kebisingan pesawat. Oleh karena itu, upaya mitigasi tidak hanya perlu dilakukan melalui solusi teknis, tetapi juga harus disertai dengan penguatan aspek sosial dan kebijakan (Trieu, Nguyen, Hiraguri, Morinaga, & Morihara, 2021)

Presepsi Masyarakat di Sekitar Hunian (2025)  
 Gangguan Kebisingan Pesawat

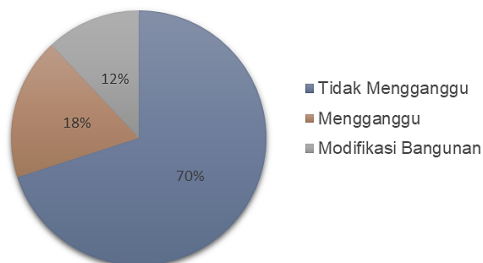


Gambar 4. Presepsi Masyarakat terhadap Gangguan Kebisingan Pesawat. (Sumber: visualisasi penulis)

Tingkat literasi akustik masyarakat masih rendah. Hanya 35% responden yang mengetahui bahwa kebisingan berkepanjangan dapat berdampak pada kualitas tidur, stres, konsentrasi, dan kesehatan secara umum. Sebaliknya, 65% belum memahami hubungan kebisingan dengan aspek kesehatan dan produktivitas. Rendahnya pemahaman ini turut menjelaskan mengapa sebagian besar warga belum melakukan upaya mitigasi mandiri. Sebanyak 70% responden belum mengambil tindakan peredaman, sementara hanya 18% yang menambah vegetasi dan 12% melakukan

perubahan sederhana seperti menutup celah, mengubah orientasi bukaan, atau memasang plafon tambahan. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kesadaran akan gangguan dan pengetahuan teknis untuk mengatasinya.

Rendahnya Upaya Mitigasi Kebisingan (2025)  
Mayoritas responden belum mengambil tindakan perlindungan



Gambar 5. Rendahnya Upaya Masyarakat dalam Mitigasi Kebisingan. (Sumber: visualisasi penulis)

Meskipun demikian, tingkat kesiapan masyarakat untuk terlibat dalam program edukasi sangat tinggi. Sebanyak 92% responden menyatakan bersedia mengikuti sosialisasi mitigasi kebisingan dan siap mengadopsi desain hunian adaptif selama biayanya terjangkau. Temuan ini menjadi dasar penting dalam merumuskan paket intervensi bertahap (*low cost-medium-high*) yang ditawarkan penelitian ini, karena menunjukkan bahwa strategi mitigasi tidak cukup hanya mengandalkan aspek teknis, tetapi juga harus disesuaikan dengan kapasitas ekonomi dan tingkat pemahaman warga.



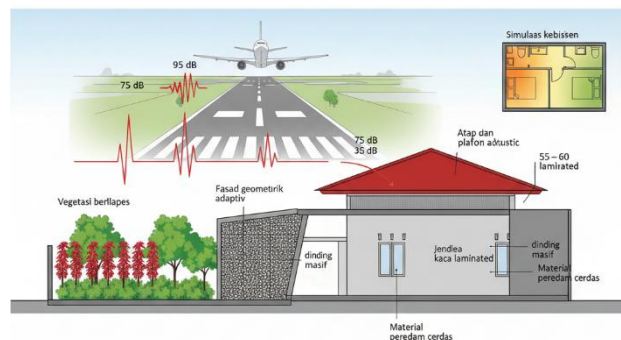
Gambar 6. Ilustrasi program edukasi mitigasi kebisingan sebagai bagian dari pendekatan sosial untuk memberdayakan masyarakat. Kegiatan ini memberikan pemahaman mengenai strategi desain hunian adaptif. (Sumber: visualisasi penulis)

Pendekatan sosial kemudian digunakan tidak hanya untuk mengumpulkan data persepsi, tetapi juga sebagai proses pemberdayaan. Hasil kuesioner dijadikan bahan untuk menyusun materi edukasi yang lebih relevan dan mudah dipahami—mulai dari penjelasan tingkat kebisingan, dampaknya, hingga contoh intervensi sederhana yang dapat diterapkan pada hunian. Melalui kegiatan sosialisasi tersebut, masyarakat tidak lagi menjadi penerima rekomendasi pasif, tetapi menjadi mitra aktif dalam

penerapan strategi mitigasi yang berkelanjutan. Integrasi antara desain arsitektural, teknologi, dan dinamika sosial ini memungkinkan solusi yang dihasilkan lebih aplikatif, lebih mudah diterima, dan berpotensi direplikasi pada kawasan lain dengan karakter serupa.

#### 4. Inovasi Desain Arsitektural dan Teknologi Cerdas

Inovasi mitigasi kebisingan di sekitar bandara memerlukan perancangan arsitektural yang terintegrasi sejak tahap awal, di mana konfigurasi massa bangunan, orientasi bukaan, dan bentuk fasad dirancang untuk memutus jalur rambat suara dari runway menuju ruang hunian. Peran arsitek menjadi penting dalam menerjemahkan data kebisingan ke dalam keputusan desain dari skala tapak hingga interior, sehingga strategi pengendalian bising tidak menjadi elemen tambahan, tetapi melekat dalam struktur rancangan. Pada skala kawasan, efektivitas mitigasi diperkuat melalui pengaturan kerapatan hunian, penggunaan material selubung bangunan yang lebih masif pada zona terdepan, serta penerapan fasad ganda, material berpori, dan atap berinsulasi sebagai perisai akustik kolektif. Vegetasi juga dirancang sebagai sistem berlapis yang mengikuti arah penyebaran bising, dengan penempatan tanaman rimbun pada titik strategis untuk memaksimalkan peredaman alami. Untuk mendukung efektivitas ruang dan bangunan, sistem pemantauan kebisingan *real time* berbasis sensor digital diterapkan pada lokasi kunci, sehingga data yang dihasilkan dapat diintegrasikan dalam dashboard yang membantu warga, perencana, dan pemerintah menyesuaikan penggunaan ruang serta menetapkan prioritas intervensi. Pendekatan terpadu ini tidak hanya memperkuat desain prototipe, tetapi juga membuka peluang untuk mengaitkannya dengan kerangka *Balanced Approach* serta rekomendasi kebijakan kawasan—termasuk arahan RTBL dan zonasi perlindungan akustik di sekitar Bandara El Tari Kupang.



Gambar 7. Rekomendasi desain hunian di area bising, mencakup simulasi dan penerapan material. (Sumber: visualisasi penulis)

#### PENUTUP

Penelitian ini menyimpulkan bahwa hunian di sekitar Bandara El Tari Kupang terpapar kebisingan

tinggi, yaitu 73,1–94,6 dB(A), yang melampaui baku mutu kawasan permukiman 55 dB(A) dan menurunkan kenyamanan akustik ruang hunian. Karakteristik selubung bangunan eksisting—seperti atap seng bermassa rendah, dinding tunggal, bukaan langsung ke arah *runway*, ketiadaan plafon, serta minimnya vegetasi—menyebabkan kemampuan peredaman kebisingan masih rendah. Melalui pengembangan tiga skenario prototipe hunian responsif berupa modifikasi fasad geometrik, penggunaan material peredam cerdas, dan vegetasi berlapis, hasil simulasi menunjukkan bahwa material peredam cerdas memberikan reduksi kebisingan tertinggi (15–18 dB(A)), sementara kombinasi ketiga skenario menghasilkan efek peredaman berlapis yang lebih stabil dan mampu menurunkan kebisingan ruang dalam hingga mendekati batas kenyamanan. Temuan teknis ini diperkuat oleh pendekatan partisipatif yang menunjukkan tingginya tingkat gangguan sekaligus kesiapan masyarakat untuk mengadopsi intervensi desain selama sesuai dengan kemampuan ekonomi dan tingkat pemahaman mereka. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa mitigasi kebisingan yang efektif pada permukiman sekitar bandara memerlukan integrasi antara desain arsitektural, teknologi peredam, dan penguatan aspek sosial agar solusi yang dihasilkan bersifat aplikatif, adaptif, dan berkelanjutan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbud) atas dukungan pendanaan melalui Program Penelitian Dosen Pemula Penelitian Kompetitif Nasional Pelaksanaan 2025. Penghargaan yang sama juga diberikan kepada seluruh anggota tim, pihak institusi, serta para responden dan mitra lapangan yang telah berkontribusi dalam penyediaan data, diskusi, dan fasilitasi kegiatan penelitian. Kolaborasi yang terjalin ini diharapkan dapat memperkaya pengembangan ilmu pengetahuan dan memberikan manfaat bagi peningkatan kualitas lingkungan binaan

## DAFTAR PUSTAKA

Alonso, A., Suarez, R., Patricio, J., Escandon, R., & Sendra, J. J. (2021). Acoustic retrofit strategies of windows in facades of residential buildings: Requirements and recommendations to reduce exposure to environmental noise. *Journal of Building Engineering*, 41, 102773.

Dewi, C. P., & Bakhtiar, A. (2017). Efektifitas Kinerja Double Skin Fasade-Green Wall Terhadap Efisiensi Energi Pendinginan Bangunan. *RUAS*, 15(2), 24-30.

Fathi, S., & Fakhraeimanesh, S. (2025). Smart materials in building façades: A systematic

review of applications and impacts on energy efficiency. *Energy Reports*, 14, 2123-2140.

Ola, F. B., Anindita, M. D. K. A., Suwarno, N., Mubarrok, N. Z., & Prasetyo, S. D. (2023). OPTIMASI VENTILASI RUANG DAN PENANGANAN KEBISINGAN BERBASIS SIMULASI. *LANGKAU BETANG: JURNAL ARSITEKTUR*, 10(2), 13-26.

Putri, H. A., & Natalina, N. (2022). Efisiensi Penurunan Tingkat Kebisingan Oleh Tanaman Pucuk Merah (*Syzygium paniculatum*) dan Asoka (*Sarasa asoka*). *Jurnal Lingkungan Dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)*, 5(2), 121-131.

Klobor, I. M., Fachrul, M. F., & Yulinawati, H. (2019). Kajian Intensitas Kebisingan di Bandar Udara Internasional El Tari Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur. In *Seminar Nasional Pembangunan Wilayah dan Kota Berkelanjutan*.

Arliansyah, J., Kadarsa, E., & Melania, R. (2022). Desain Noise Barrier Light Rail Transit (Lrt) Palembang Untuk Mengurangi Tingkat Kebisingan. *Publikasi Penelitian Terapan Dan Kebijakan*, 5(2).

Simarmata, K., & Setyowati, E. (2024). Tingkat Kebisingan di Stasiun Poncol Semarang Berdasarkan Aspek Kenyamanan Audial. *Nature: National Academic Journal of Architecture*, 11(1), 1-9.

Ndoen, R. (2018). *Karakteristik Facade Bangunan Sekitar Rel Kereta Api Dan Pengaruh Terhadap Kebisingan Ruang Hunian Studi Kasus: Kampung Pengok dan Kampung Sapen di Kelurahan Demangan Kecamatan Gondokusuman-Kota Yogyakarta* (Doctoral dissertation, UAJY).

Ndoen, R., & Solissa, A. P. (2024). EFEKTIVITAS DESAIN BANGUNAN DALAM MEREDAM DAMPAK KEBISINGAN EKSTERNAL (STUDI KASUS: HUNIAN DI SEKITAR BANDARA EL TARI KUPANG). *Jurnal Ilmiah Arsitektur*, 14(2), 182-192.

Latifah, N. L. (2015). *Fisika bangunan 1*. Griya Kreasi.

Fediuk, R., Amran, M., Vatin, N., Vasilev, Y., Lesovik, V., & Ozbakkaloglu, T. (2021). Acoustic properties of innovative concretes: A review. *Materials*, 14(2), 398.

Tolinggi, S. (2024). Analisis Tingkat Kebisingan dari Aktivitas Landing Pesawat di Kawasan Bandara Djalaluddin Gorontalo. *Jurnal Ilmiah Global Education*.

Almusawi, T. T. A., Alomare, A. F. M., Kadhun, L. K., & Abd Alkhatay, Z. Q. (2025). The Impact of Building Façade Designs on Noise Reduction: A Case Study from Iraq. *Journal of Engineering and Sustainable Development*, 29(5), 589-597.

Trieu, B. L., Nguyen, T. L., Hiraguri, Y., Morinaga, M., & Morihara, T. (2021). How does a

community respond to changes in aircraft noise? A comparison of two surveys conducted 11 years apart in Ho Chi Minh City. *International journal of environmental research and public health*, 18(8), 4307.

Zaporozhets, O. (2022). *Balanced Approach to Aircraft Noise Management: Technologies, Regulations, and Societal Well-being in Europe*. (A. M. Laurent Leylekian, Penyunt.) Cham: Cham: Springer International Publishing. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-030-91194-2>