E-ISSN : 3025-1311
https://ejournal.cahayailmubangsa.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 11 No 3 Tahun 2026

ANALISIS KETERKAITAN STRATEGI ARSITEKTURAL DAN PERILAKU PENGHUNI PINGGIR REL KERETA

Diptarama Ananda Muhammadsyah[1], Hamada Faiz Ali Mudzakir[2], Muhammad Faqih Haikal[3], Imam Nur Husain[4], Widji Indahing Tyas[5]
Jurusan Arsitektur, Fakultas Arsitektur dan Desain, Institut Teknologi Nasional Bandung

Penulis korespondensi: Hamada Faiz Ali Mudzakir, *hamadafaiz50@gmail.com*

Abstrak

*Permukiman informal di sempadan rel kereta api menghadapi tantangan kebisingan ekstrem yang memengaruhi kualitas hidup penghuni. Penelitian ini bertujuan menganalisis interaksi antara strategi adaptasi arsitektural dan adaptasi perilaku warga dalam merespons kebisingan. Menggunakan metode deskriptif kualitatif, survei dilakukan terhadap 8 unit hunian di kawasan Maleber Utara, Bandung, yang terbagi dalam dua zona: zona dekat dan zona jauh. Hasil penelitian menunjukkan adanya disparitas pola adaptasi yang signifikan. Pada zona dekat, meskipun 75% hunian telah menggunakan dinding bata, tingkat kebisingan 81,9 sampai dengan 90,8 dB tetap memaksa 75% penghuni melakukan adaptasi perilaku reaktif jeda bicara dan 50% mengalami gangguan tidur. Sebaliknya, pada zona jauh, kombinasi jarak dan orientasi bangunan berhasil meredam kebisingan hingga 52,3 sampai dengan 61,4 dB, sehingga 100% penghuni memiliki kualitas tidur yang baik tanpa perlu melakukan adaptasi perilaku signifikan. Penelitian menyimpulkan terbentuknya dua pola interaksi sistem ganda. Pola Komplementer Paksa pada zona dekat di mana defisit arsitektural membebani adaptasi perilaku, dan Pola Substitusi Efektif pada zona jauh di mana kualitas fisik bangunan menggantikan kebutuhan adaptasi perilaku. Rekomendasi teknis meliputi implementasi sistem Dinding Insulasi Lapis Ganda (*Double Wall*) dan pembangunan Pagar Bising Buatan (*Artificial Noise Barrier*) di batas Ruang Milik Jalur sebagai solusi prioritas untuk konteks lahan terbatas.*

Kata Kunci: Permukiman pinggir rel, Strategi arsitektural, Adaptasi perilaku, Kebisingan, Pola sistem ganda

Abstract

Informal settlements along railway borders face extreme noise exposure affecting quality of life. This study analyzes the interaction between architectural and behavioral adaptations in response to noise. Using a qualitative descriptive method, a survey was conducted on eight housing units in North Maleber, Bandung, divided into near and far zones. Results indicate significant adaptation disparities. In the near zone, despite 75% utilizing brick walls, noise levels of 81.9 to 90.8 dB force 75% of residents to pause conversations and 50% to experience sleep disturbances. Conversely, in the far zone, distance and orientation reduce noise to 52.3 to 61.4 dB, allowing 100% of residents to report good sleep quality without behavioral changes. The study identifies two dual system patterns the Forced Complementary Pattern in the near zone where architectural deficits burden behavioral adaptation and the Effective Substitution Pattern in the far zone where physical building quality substitutes the need for behavioral adaptation. Technical recommendations include implementing a Double-Wall Insulation System

Article History
Received: Agustus 2026
Reviewed: Agustus 2026
Published: Agustus 2026

Plagiarism Checker
No 237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

and constructing an Artificial Noise Barrier at the Railway Right-of-Way boundary as priority solutions for constrained land contexts.

Keywords: *Behavioral Adaptation, Border Settlements, Dual System Interaction, Noise Barrier, Railway Noise.*

1. PENDAHULUAN

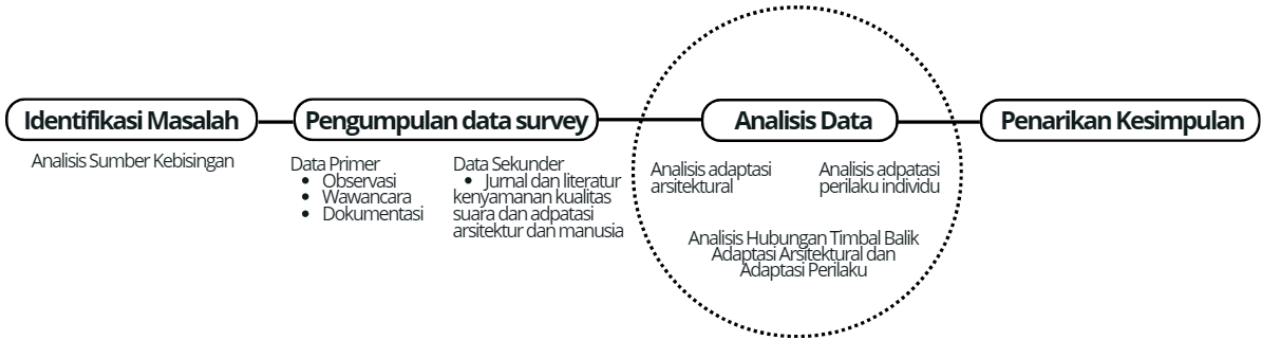
Pertumbuhan penduduk di perkotaan yang tidak diimbangi dengan ketersediaan lahan dan perumahan yang terjangkau mendorong masyarakat berpenghasilan rendah (MBR) untuk mencari alternatif hunian . Salah satu solusi yang paling umum adalah menempati lahan-lahan ilegal milik negara, terutama di sempadan rel kereta api (Theofilus D.S Fahik, Agung Witjaksono, n.d.). Faktor dominan yang menyebabkan masyarakat memilih lokasi ini adalah sosial-ekonomi, yang secara spesifik didorong oleh kedekatan lokasi hunian dengan tempat kerja . Dengan kata lain, bagi kelompok ini, prioritas utama adalah aksesibilitas ekonomi, seringkali dengan mengorbankan kualitas hunian dan kenyamanan lingkungan.

Hunian yang terbangun di sempadan rel ini seringkali hanya berjarak beberapa meter dari jalur rel aktif, menciptakan paparan langsung terhadap berbagai masalah (Theofilus D.S Fahik, Agung Witjaksono, n.d.). Keberadaan permukiman tak terencana di sepanjang jalur kereta api sangat mengganggu dan membahayakan sirkulasi kereta api (Indonesia, 2022). Berdasarkan regulasi yang berlaku, kawasan di sisi kiri dan kanan ruang manfaat jalur kereta api ditetapkan sebagai ruang milik jalur (Rumija), dengan batas lebar minimal sekurang-kurangnya 6 meter (Kementerian Sekretariat Negara, 2007). Selain itu Penyediaan jalur hijau di area sempadan kereta api merupakan strategi penataan ruang untuk menciptakan batasan antara kawasan permukiman dan infrastruktur transportasi kereta api (M, n.d.). Salah satu stresor lingkungan paling signifikan dan konstan di lokasi ini adalah polusi suara (kebisingan) (Fitriani & Prasetyo, 2024). Kebisingan ini bersumber dari klakson, mesin lokomotif, dan gesekan roda kereta , dengan tingkat kebisingan terukur yang secara konsisten melampaui baku mutu 55 dBA yang ditetapkan pemerintah untuk kawasan permukiman (Mahroini, 2021). Kebisingan berdampak pada gangguan auditori seperti gangguan pendengaran (Fitriani & Prasetyo, 2024).

Studi terdahulu cenderung memisahkan kajian fisik bangunan dan perilaku manusia secara parsial. Kajian arsitektural umumnya berfokus pada kinerja akustik material bangunan, sementara kajian perilaku menganalisis respons psikologis penghuni secara independen dari kualitas fisik hunian (Morihara et al., 2021). Penelitian ini mengisi kekosongan tersebut dengan menganalisis bagaimana kedua aspek tersebut saling berinteraksi secara kausal dalam satu kawasan dengan variasi jarak yang ekstrem terhadap sumber bising, serta merumuskan rekomendasi intervensi teknis yang kontekstual terhadap kondisi lahan terbatas.

2. METODE

Untuk menganalisis keterkaitan Strategi Arsitektural dan Perilaku Penghuni Pinggir Rel Kereta penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif meliputi beberapa variable yaitu adaptasi desain fasad bangunan serta adaptasi perilaku manusia. Alur penelitian melalui serangkaian tahapan sistematis (Lihat gambar 1) yang dimulai dengan identifikasi karakteristik fisik fasad mencakup ketebalan dinding, orientasi bangunan, dan jarak terhadap rel serta proses transkripsi dan koding data wawancara. Selanjutnya, data fisik dan perilaku dari kedua sampel disajikan dalam sebuah matriks komparatif untuk melihat kontras pola adaptasi. Tahap akhir dilakukan dengan menyintesis hubungan kausalitas guna menarik kesimpulan mengenai pola interaksi, baik yang bersifat komplementer maupun substitutif, antara desain fasad bangunan dengan perilaku penghuni dalam merespons lingkungan di sepanjang jalur kereta api.



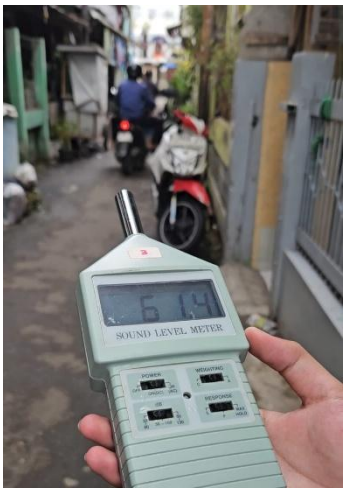
Gambar 1. **Alur Metode Penelitian**
Sumber: Penulis, 2026

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui survei lapangan yang mencakup observasi, wawancara mendalam, dan dokumentasi visual. Lokasi penelitian adalah permukiman pinggir rel di Jl. Maleber Utara, Maleber, Kec. Andir, RT06/RW05, Kota Bandung, Jawa Barat. Penentuan jumlah sampel sebanyak 8 unit hunian didasarkan pada teknik purposive sampling, dengan kriteria inklusi berupa unit hunian yang terpapar tingkat kebisingan di atas baku mutu permukiman 55 dBA. Sampel dibagi ke dalam dua zona: 4 sampel pada zona dengan intensitas tertinggi dan orientasi fasad menghadap rel (zona dekat), serta 4 sampel pada zona dengan intensitas kebisingan terendah dan orientasi menyamping terhadap rel (zona jauh) (lihat gambar 2). Pengumpulan data dihentikan ketika tidak lagi ditemukan variasi informasi baru yang signifikan pada sampel berikutnya (*theoretical saturation*).

Gambar 2. Zonning dan pemetaan lokasi
Sumber: Penulis, 2026

Pengukuran intensitas suara dilakukan menggunakan alat dB meter terkalibrasi pada masing-masing titik. Pada zona dengan intensitas tertinggi dan orientasi fasad menghadap rel (zona dekat), tingkat kebisingan tercatat pada rentang 81,9 hingga 90,8 dB, sedangkan pada zona dengan intensitas kebisingan terendah dan orientasi menyamping terhadap rel (zona jauh) berkisar antara 52,3 hingga 61,4 dB (Lihat Tabel 1).

Tabel 1. Tingkat kebisingan titik sample

Tingkat Kebisingan Zona Hunian Jarak Dekat	Tingkat Kebisingan Zona Hunian Jarak Jauh
	
81,9 [dB] hingga 90,8 [dB]	52,3 [dB] hingga 61,4 [dB]

Sumber: Analisis Penulis, 2026

Tabel 2. Jadwal Kereta Api Stasiun Bandung, Kereta Antar Kota

No.	Nama Kereta	Destinasi	Jam Keberangkatan
1.	Argo Parahyangan	Bandung - Gambir	05:00, 05:25, 06:35, 09:35, 10:50, 11:30, 13:05, 15:00, 19:25
2.	KA Papandayan	Garut - Gambir	14:54
3.	KA Pangandaran	Banjar - Gambir	21:54
4.	KA Ciremai	Bandung - Semarang Tawang	16:55
5.	KA Harina	Bandung - Surabaya Pasarturi	20:55

Sumber: Jadwalkeretaapi.com, 2026

Tabel 3. **Jadwal Kereta Api Stasiun Bandung, Kereta Dalam Kota**

No.	Nama Kereta	Destinasi	Jam Keberangkatan
1.	KA Lokal Bandung raya	Cicalengka - Padalarang	05:00, 05:25, 06:35, 09:35, 10:50, 11:30, 13:05, 15:00, 19:25
2.	KA Lokal Bandung raya	Padalarang - Cicalengka	14:54
3.	KA Pangandaran	Bandung - Gambir	21:54

Sumber: Jadwalkeretaapi.com, 2026

Tabel 4. **Jadwal Kereta Api Feeder**

No.	Nama Kereta	Destinasi	Jam Keberangkatan
1.	KA Feeder	Bandung - Padalarang	05:15, 05:46, 06:15, 06:45, 07:16, 07:45, 08:15, 08:46, 09:15, 09:45, 10:16, 10:45, 11:15, 11:46, 12:15, 12:45, 13:16, 13:45, 14:15, 14:46, 15:15,

			15:45, 16:15, 16:45, 17:16, 18:32, 19:46, 20:12, 20:46
2.	KA Feeder	Padalarang - Bandung	05:59, 06:29, 06:58, 07:29, 07:59, 08:28, 08:59, 09:29, 09:58, 10:29, 10:59, 11:28, 11:59, 12:29, 12:58, 13:29, 13:59, 14:28, 14:59, 15:29, 15:58, 16:29, 17:05, 17:31, 18:05 18:34, 19:49, 20:14, 21:06

Sumber: Jadwalkeretaapi.com, 2026

Berdasarkan data operasional Stasiun Bandung Kota (Railfans, 2026) (Lihat tabel 2, 3, dan 4) total frekuensi paparan kereta yang melintasi wilayah Maleber Utara adalah 101 kali per hari, dengan durasi paparan 5 sampai 10 detik per lintasan. Total durasi paparan harian sekitar 12 menit masih berada dalam batas waktu paparan yang diizinkan berdasarkan SK. 1405/MenKes RI/XI/2002 (Lihat Tabel 5).

Tabel 5. Perizinan lama paparan kebisingan/hari

No.	Tingkat Kebisingan (dB)	Lama Paparan Diijinkan/hari
1.	85	8 jam
2.	88	4 jam
3.	91	2 jam
4.	94	1 jam
5.	97	30 menit
6.	100	15 menit

Sumber: (*SK. 1405/MenKes RI/XI/2002*, 2002); diolah, 2026

Adaptasi Spasial

Analisis data kualitatif dalam penelitian ini menggunakan kerangka teori mekanisme adaptasi lingkungan yang dirumuskan oleh Anisa et al. (2023). Teori ini digunakan untuk mengklasifikasikan jenis adaptasi yang terjadi pada sampel penelitian. Berdasarkan kerangka tersebut, jenis adaptasi diklasifikasikan menjadi tiga mekanisme.

Pertama, adaptasi arsitektural sebagai mekanisme reaksi. Adaptasi reaksi melibatkan tindakan fisik untuk memodifikasi lingkungan (Anisa et al., 2023). Dalam penelitian ini, variabel reaksi diidentifikasi melalui strategi fisik yang diterapkan pada fasad 8 unit rumah sampel, meliputi ketebalan dinding, orientasi fasad, dan jarak bangunan terhadap rel. Kedua, adaptasi perilaku sebagai mekanisme penyesuaian, yang didefinisikan sebagai perubahan perilaku atau ekspektasi individu agar selaras dengan kondisi lingkungan (Anisa et al., 2023). Variabel ini digunakan untuk menganalisis respons non-fisik penghuni, berupa jeda komunikasi dan habituasi terhadap gangguan tidur sebagai bentuk kompromi terhadap kegagalan adaptasi fisik fasad. Ketiga, konteks penarikan diri, yakni migrasi untuk menghindari tekanan lingkungan (Anisa et al., 2023). Pada area penelitian tidak ditemukan warga yang berpindah hunian ke luar area penelitian, sehingga analisis difokuskan pada mekanisme reaksi dan penyesuaian.

Kontrol Bising

Pengendalian kebisingan lingkungan (*environmental noise control*) merupakan disiplin teknis yang bertujuan mereduksi intensitas suara yang merambat dari sumber bising menuju penerima melalui modifikasi jalur transmisi (Renterghem & Aletta, 2021). Dalam konteks permukiman di sempadan infrastruktur transportasi, terdapat tiga prinsip utama yang diakui secara akademik, yaitu Zoning, *Buffer/Barriering*, dan Vegetasi. Masing-masing prinsip memiliki mekanisme kerja, efektivitas, dan tingkat aplikabilitas yang berbeda, terutama ketika dihadapkan pada kondisi permukiman padat seperti Maleber Utara, Bandung.

Prinsip Zoning

Zoning merupakan instrumen perencanaan tata ruang yang memisahkan secara spasial sumber bising dari kawasan peka bising. Prinsip ini bekerja dengan mengalokasikan zona-zona fungsional berdasarkan tingkat sensitivitasnya terhadap paparan suara, sehingga kawasan permukiman, sekolah, dan fasilitas kesehatan ditempatkan pada jarak aman dari infrastruktur transportasi (Tan et al., 2021). Teknik penataan yang dapat dilakukan mencakup pembuatan kantong parkir, penetapan sempadan bangunan, alokasi kawasan peka bising menjauh dari sumber bising, serta pengaturan tata guna lahan secara hierarkis berdasarkan *Noise Sensitivity Designation* (NSD).

Di Maleber Utara, penerapan prinsip zoning menghadapi kendala fundamental berupa kepadatan permukiman yang telah terbangun secara informal di dalam Rumija. Menurut regulasi (Kementerian Sekretariat Negara, 2007) menetapkan batas minimal 6 meter dari sisi rel telah dilanggar oleh mayoritas hunian di zona dekat, dengan jarak fisik yang jauh lebih kecil dari ketentuan tersebut. Kondisi ini menjadikan zoning hanya relevan sebagai instrumen preventif, guna mencegah pembangunan baru yang semakin mendekati jalur rel, dan bukan sebagai solusi remedial bagi hunian yang telah berdiri. Dengan demikian, efektivitas zoning di Maleber Utara bersifat prospektif dan perlu diintegrasikan dengan kebijakan peremajaan kawasan jangka menengah.

Prinsip *Buffer/Barriering*

Teknik barriering menurut (Morihara et al., 2021), bekerja berdasarkan prinsip difraksi gelombang suara, di mana rintangan fisik yang ditempatkan di antara sumber bising dan penerima menciptakan *acoustic shadow zone* di balik *barrier* yang memperoleh reduksi kebisingan signifikan. Berdasarkan formulasi Maekawa, efektivitas barrier (insertion loss/IL) ditentukan oleh faktor geometri, yaitu selisih antara panjang jalur difraksi dan jalur langsung, yang dinyatakan dalam bilangan Fresnel. Secara praktis, efektivitas barrier ditentukan oleh: (1) tinggi *barrier* relatif terhadap posisi sumber dan penerima; (2) posisi *barrier* yang sebaiknya sedekat mungkin dengan sumber atau penerima; (3) karakteristik material, khususnya nilai *Sound Reduction Index* (SRI); serta (4) kontinuitas dan panjang barrier secara horizontal.

Teknik *buffer/barrier* dapat diaplikasikan dalam dua skala pada kawasan Maleber Utara. Pada skala kawasan, pembangunan pagar bising *(noise wall*) di batas Rumija dapat memberikan perlindungan akustik kolektif bagi seluruh hunian di zona dekat. Pada skala bangunan, sistem dinding berlapis ganda (*double wall*) dapat diimplementasikan sebagai *barrier* internal pada fasad yang menghadap rel. Dibandingkan dengan teknik zoning dan vegetasi, pendekatan *barrier* fisik merupakan yang paling bisa dilakukan secara teknis untuk kondisi permukiman padat yang telah terbangun.

Prinsip Vegetasi

Vegetasi bekerja dengan cara menyerap dan memencarkan (*scattering*) energi gelombang suara melalui permukaan irregular daun, ranting, dan batang. Pada jurnal (Renterghem & Aletta, 2021) menyebutkan, reduksi kebisingan oleh vegetasi bersifat bertahap dan bergantung pada kerapatan, ketinggian, serta lebar sabuk hijau (*green buffer*) yang

digunakan. Kajian empiris menunjukkan bahwa sabuk vegetasi dengan lebar minimal 30 meter dan kerapatan tinggi dapat mereduksi kebisingan antara 5 hingga 10 dB. Jenis pohon dengan daun lebat, batang masif, dan kanopi rapat, seperti Ketapang (*Terminalia catappa*) atau Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*), umumnya direkomendasikan sebagai komponen buffer hijau.

Namun demikian, di permukiman padat seperti Maleber Utara, keterbatasan lahan menjadikan teknik vegetasi sebagai solusi yang sulit diimplementasikan secara optimal. Lahan yang tersedia antara rel dan hunian sangat minimal, sehingga pembentukan sabuk hijau efektif yang membutuhkan lebar minimum 30 meter hampir tidak memungkinkan tanpa penggusuran signifikan. Oleh karena itu, dalam konteks penelitian ini, teknik vegetasi memiliki relevansi terbatas dan lebih sesuai diterapkan sebagai elemen estetis dan komplementer dari teknik barrier fisik, bukan sebagai solusi utama.

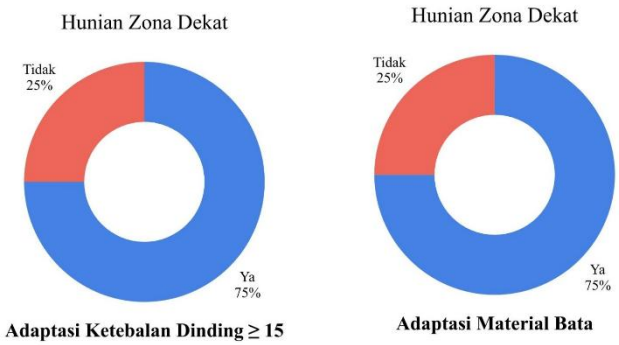
Relevansi Kontekstual di Maleber Utara

Berdasarkan uraian di atas, dari ketiga prinsip kontrol bising yang ada, pendekatan barrier fisik baik pada skala kawasan (noise wall) maupun skala bangunan (double wall) merupakan strategi yang paling feasible untuk kondisi permukiman padat Maleber Utara. Teknik zoning tidak dapat diterapkan secara retroaktif pada hunian yang sudah berdiri, sementara teknik vegetasi terkendala oleh ketersediaan lahan. Dengan demikian, rekomendasi reduksi kebisingan dalam penelitian ini difokuskan pada intervensi berbasis barrier, sebagaimana akan diuraikan lebih lanjut dalam bagian Rekomendasi Reduksi Kebisingan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kelompok Zona Hunian Intensitas 81,9 [dB] hingga 90,8 [dB] Dengan Orientasi Menghadap Rel

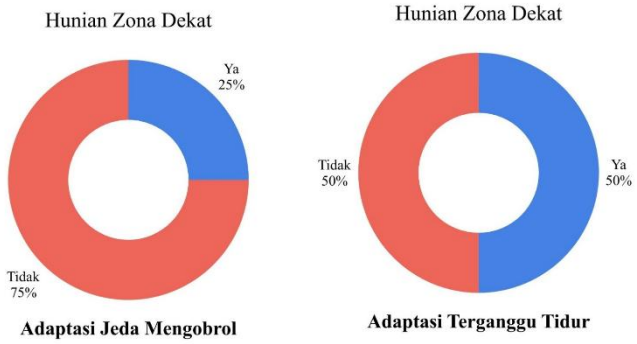
Pada variabel adaptasi desain fasad arsitektural material, hasil wawancara dari seluruh responden menghasilkan, 75% warga yang membangun menggunakan material bata dan sebanyak 25% menggunakan material selain bata. Pada variable adaptasi desain fasad bangunan ketebalan fasad, hasil wawancara dari seluruh responden menghasilkan 75% warga yang membangun menggunakan material bata 15 cm dan sebanyak 25% menggunakan material bata kurang dari 15 cm (lihat gambar 3).



Gambar 3. Diagram presentasi adaptasi arsitektural zona intensitas tertinggi dengan orientasi menghadap rel
Sumber: Analisis Penulis, 2026

Pada variable adaptasi perilaku manusia yang melakukan perilaku jeda mengobrol, hasil wawancara dari seluruh responden menghasilkan 25% warga beradaptasi sehingga tidak perlu memberikan jeda saat mengobrol dan sebanyak 75% warga belum beradaptasi sehingga perlu memberikan jeda saat mengobrol. Pada variable adaptasi perilaku manusia yang melakukan adaptasi habituasi gangguan tidur, hasil wawancara dari seluruh responden menghasilkan 50%

warga beradaptasi sehingga tidurnya tidak terganggu dan sebanyak 50% warga belum beradaptasi sehingga tidurnya menjadi terganggu (lihat gambar 4).



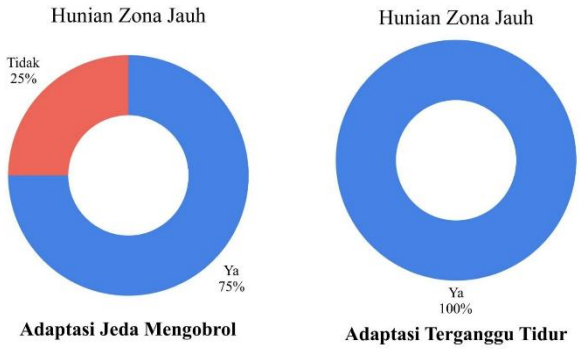
Gambar 4. Diagram presentasi adaptasi perilaku manusia zona intensitas tertinggi dengan orientasi menghadap rel
Sumber: Analisis Penulis, 2026

Analisis Kelompok Zona Hunian Intensitas 52,3 [dB] hingga 61,4 [dB] Dengan Orientasi Menyampingi Rel

Pada variabel adaptasi desain fasad arsitektural material, hasil wawancara dari seluruh responden menghasilkan 100% warga yang membangun menggunakan material bata. Pada variable adaptasi desain fasad bangunan ketebalan fasad, hasil wawancara dari seluruh responden menghasilkan 100% warga yang membangun menggunakan material bata 15 cm (lihat gambar 5).

Gambar 5. Diagram presentasi adaptasi arsitektural zona intensitas 52,3 dB – 61,4 dB dengan orientasi menyampingi rel
Sumber: Analisis Penulis, 2026

Pada variable adaptasi perilaku manusia yang melakukan perilaku jeda mengobrol, hasil wawancara dari seluruh responden menghasilkan 75% warga beradaptasi sehingga tidak perlu memberikan jeda saat mengobrol dan sebanyak 25% warga belum beradaptasi sehingga perlu memberikan jeda saat mengobrol. Pada variable adaptasi perilaku manusia yang melakukan adaptasi habituasi gangguan tidur, hasil wawancara dari seluruh responden menghasilkan 100% warga beradaptasi sehingga tidurnya tidak terganggu (lihat gambar 6).



Gambar 6. Diagram presentasi adaptasi perilaku manusia zona intensitas 52,3 dB – 61,4 dengan orientasi menyampingi rel
Sumber: Analisis Penulis, 2026

Analisis Perbandingan Adaptasi dan Perilaku Berdasarkan Jarak Hunian Terhadap Rel Kereta

Berdasarkan data penelitian, terdapat korelasi yang signifikan antara jarak hunian dengan tingkat keberhasilan adaptasi, baik secara fisik (arsitektural) maupun non-fisik (perilaku). Perbedaan jarak menciptakan gradasi risiko kebisingan dan getaran yang kemudian direspons secara berbeda oleh para penghuni.

A. Efektivitas Arsitektural Pada Fasad Bangunan

Pada hunian zona dekat, terlihat variasi material di mana 75% warga menggunakan bata dengan ketebalan standar 15 cm, sementara 25% menggunakan material non-bata atau bata dengan ketebalan di bawah standar. Hal ini menunjukkan bahwa pada zona risiko tinggi, standarisasi konstruksi fasad belum tercapai secara merata. Meskipun dinding bata 15 cm berfungsi sebagai massa peredam (*sound insulation*), kemampuan insulasinya terbukti tidak memadai untuk mereduksi kebisingan yang mencapai 90,8 dB nilai yang jauh melampaui kapasitas reduksi dinding masif tunggal. Sebaliknya, pada hunian zona jauh, konsistensi adaptasi fisik mencapai angka 100% penggunaan bata setebal 15 cm, yang mengindikasikan bahwa hunian dengan jarak lebih aman cenderung memiliki stabilitas konstruksi yang lebih baik.

Dinamika Adaptasi Perilaku Penghuni

A. Adaptasi Jeda Mengobrol

Pada hunian jarak dekat, mayoritas warga (75%) masih harus memberikan jeda saat mengobrol ketika kereta melintas. Hal ini menandakan bahwa gangguan suara (*noise interference*) pada jarak tersebut masih melampaui ambang batas toleransi pendengaran manusia, sehingga komunikasi verbal tidak dapat berlangsung secara kontinu. Sebaliknya, pada hunian jarak jauh, 75% warga sudah mampu mengobrol tanpa jeda, yang menunjukkan bahwa jarak fisik berperan besar dalam menurunkan desibel suara hingga ke level yang dapat diabaikan saat beraktivitas sosial.

B. Kualitas Tidur

Data menunjukkan bahwa pada jarak dekat, terdapat pembelahan ekstrem (50%:50%) antara warga yang terganggu tidurnya dan yang tidak. Hal ini menunjukkan adanya fenomena "habituasi" yang belum merata; sebagian penduduk berhasil menyesuaikan ritme biologis mereka dengan jadwal kereta, sementara sisanya tetap mengalami gangguan kesehatan tidur. Hal ini sangat kontras dengan hunian jarak jauh, di mana 100% responden menyatakan tidurnya tidak terganggu, menandakan bahwa jarak yang lebih jauh menciptakan lingkungan akustik yang jauh lebih kondusif bagi pemulihan fisik penghuni.

C. Sintesis Hubungan Adaptasi Arsitektural dan Perilaku

Hasil temuan menunjukkan bahwa meskipun 75% hunian di zona dekat menggunakan material bata (permanen), 75% responden masih harus melakukan adaptasi perilaku berupa jeda bicara. Hal ini mengindikasikan bahwa adaptasi arsitektural berbasis material dinding tunggal semata tidak cukup meredam kebisingan 90,8 dB. Orientasi bangunan yang menghadap langsung ke rel membuat celah bukaan menjadi jalur kebocoran suara (*sound leakage path*) yang dominan, sehingga beban adaptasi bergeser ke domain perilaku penghuni. Fenomena ini dapat dikonseptualisasikan sebagai transfer beban adaptasi dari domain fisik ke domain psikis sebuah gejala yang merugikan kualitas hidup jangka panjang penghuni.

Pada zona jauh, kombinasi jarak aman, orientasi menyamping, dan material bata menciptakan sistem barrier akustik berlapis (multi-layer acoustic defense) yang lebih efektif meredam kebisingan kereta api. Akibatnya, penghuni tidak perlu melakukan adaptasi perilaku yang signifikan. Di sini terlihat pola substitusi: kualitas fisik bangunan yang memadai menggantikan kebutuhan adaptasi perilaku, sehingga penghuni dapat menjalani aktivitas harian tanpa kompromi terhadap kenyamanan akustik.

Rekomendasi Reduksi Kebisingan

Merujuk pada hasil observasi lapangan dan landasan teori pengendalian kebisingan yang telah dipaparkan, rekomendasi teknis difokuskan pada dua langkah intervensi yang paling mungkin diterapkan untuk kondisi lahan yang sempit dengan penggunaan Dinding Insulasi Lapis Ganda (*Double Wall*) pada skala bangunan, serta Pagar Bising Buatan (*Artificial Noise Barrier*) pada skala wilayah. Sebagai pelengkap, pengaturan ulang arah bukaan (penataan zona mikro arsitektural) disarankan sebagai strategi perancangan perbaikan yang efisien karena tidak menuntut penambahan material secara berarti.

1. Dinding Insulasi

Temuan penelitian menunjukkan bahwa 75% hunian zona dekat telah menggunakan dinding bata 15 cm, namun kebisingan yang mencapai 90,8 dB tetap memaksa adaptasi perilaku reaktif. Hal ini membuktikan bahwa solusi yang diperlukan bukan sekadar penambahan ketebalan dinding konvensional (*solid wall*), melainkan perubahan paradigma sistem konstruksi dinding menuju sistem insulasi akustik berlapis.

Sistem *double wall* bekerja berdasarkan prinsip massa-udara-massa, di mana dua lapisan material masif dipisahkan oleh rongga udara untuk memaksimalkan disipasi energi akustik. Berbeda dengan dinding masif tunggal yang hanya mengandalkan mass law (reduksi berbanding lurus dengan massa per satuan area), sistem double wall memanfaatkan resonansi rongga udara dan absorpsi material pengisi untuk meningkatkan nilai *Sound Transmission Class* (STC) secara signifikan (Tan et al., 2021).

Aplikasi praktis yang direkomendasikan untuk hunian di zona dekat Maleber Utara adalah sebagai berikut:

1. Penambahan lapisan gypsum board (tebal 12,5 mm) atau papan semen fiber (tebal 10 mm) di sisi dalam dinding bata eksisting yang menghadap rel, dengan rongga udara minimum 5 cm di antaranya.
2. Pengisian rongga udara dengan material penyerap akustik (acoustic absorber) seperti rockwool (densitas 40 hingga 60 kg/m^3) atau glasswool untuk meningkatkan koefisien absorpsi dan menekan resonansi rongga.
3. Prioritas implementasi pada bukaan (jendela dan pintu) yang menghadap langsung ke rel, mengingat celah bukaan merupakan jalur kebocoran suara yang paling dominan dan memerlukan solusi terpisah berupa glazing ganda (double glazing) atau pemasangan aksesoris akustik.

Dengan sistem *double wall* yang dioptimalkan, nilai STC yang dapat dicapai diperkirakan berkisar antara 45 hingga 55 dB. Secara teoritis, sistem ini mampu mereduksi kebisingan interior

pada zona dekat dari 90,8 dB menjadi sekitar 35 sampai dengan 45 dB, mendekati ambang batas kenyamanan akustik ruang tinggal sebesar 35 hingga 40 dB sebagaimana ditetapkan dalam standar akustik bangunan nasional.

2. Pagar Bising *Buffer/Barrier*

Sebagai intervensi pada skala kawasan, pembangunan pagar bising buatan di batas Rumija merupakan solusi yang paling strategis untuk memberikan perlindungan akustik kolektif bagi seluruh hunian di zona dekat. Prinsip kerjanya adalah menciptakan acoustic shadow zone di balik *barrier*, sehingga intensitas suara yang merambat menuju area permukiman dapat dikurangi secara signifikan. Dibandingkan dengan teknik vegetasi yang membutuhkan lebar minimal 30 meter untuk efektif, pagar bising buatan dapat memberikan reduksi setara dengan footprint lateral jauh lebih kecil.

Spesifikasi teknis yang direkomendasikan meliputi:

1. Material: Penggunaan material solid dengan nilai SRI tinggi, seperti beton precast, panel baja berlapis, atau material komposit akustik khusus. Material harus memiliki surface mass density minimum 20 kg/m^2 untuk mencapai SRI ≥30 dB.
2. Tinggi barrier: Mengacu pada formulasi Maekawa (Morihara et al., 2021), tinggi optimal pagar bising untuk kasus Maleber Utara diestimasi antara 3 sampai 5 meter dari permukaan rel, dengan mempertimbangkan jarak rata-rata hunian ke rel dan frekuensi dominan kebisingan lokomotif (125 sampai dengan 1.000 Hz).
3. Kontinuitas: Barrier harus bersifat masif dan tidak terputus (*continuous barrier*). Celah sekecil apapun pada struktur barrier akan secara drastis mengurangi efektivitasnya melalui fenomena flanking transmission.
4. Lokasi: Di batas luar Rumija (±6 meter dari sisi rel) sesuai UU No. 23 Tahun 2007, untuk memaksimalkan sudut difraksi akustik dan efisiensi perlindungan terhadap hunian di belakangnya.

Estimasi reduksi yang dapat dicapai dengan pagar bising setinggi 4 meter yang dipasang pada jarak 6 meter dari sumber adalah berkisar 10 hingga 15 dB, yang secara signifikan akan menurunkan intensitas kebisingan yang diterima hunian di zona dekat dari rentang 81,9 hingga 90,8 dB menuju rentang yang lebih mendekati baku mutu permukiman.

3. Re-Orientasi Bukaan

Sebagai strategi komplementer berbasis micro-zoning, re-orientasi bukaan merupakan intervensi arsitektural yang dapat diterapkan tanpa penambahan material konstruksi baru yang signifikan. Temuan penelitian menunjukkan bahwa orientasi menyamping pada zona jauh berhasil meredam kebisingan hingga 52,3 hingga

61,4 dB. Prinsip difraksi akustik yang bekerja di sini adalah minimalisasi luas permukaan bukaan yang tegak lurus terhadap arah rambatan gelombang suara dari rel. Implementasi praktisnya mencakup penghapusan atau pengurangan dimensi bukaan (jendela/pintu) yang menghadap langsung ke arah rel, serta pengalihan fungsi bukaan utama ke sisi yang tegak lurus atau berlawanan dengan sumber bising. Strategi ini terutama relevan untuk hunian baru atau hunian yang sedang menjalani renovasi di kawasan zona dekat.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa jarak hunian terhadap rel kereta api sangat menentukan seberapa besar penghuni harus mengubah kebiasaan akibat kebisingan. Di zona dekat, meskipun sebagian besar rumah (75%) sudah memakai dinding bata setebal 15 cm, tingkat kebisingan yang mencapai 81,9 hingga 90,8 dB tetap membuat 75% penghuni harus berhenti sejenak saat berbicara ketika kereta lewat, dan 50% penghuni mengalami gangguan tidur. Kondisi ini menunjukkan bahwa kualitas bangunan yang ada belum cukup meredam suara,

sehingga beban penyesuaian berpindah ke perubahan perilaku penghuni. Sebaliknya, di zona jauh, kebisingan sudah turun ke rentang 52,3 hingga 61,4 dB karena jarak rumah yang lebih aman dan posisi bangunan yang tidak menghadap langsung ke rel, sehingga seluruh penghuni (100%) dapat tidur dengan baik dan sebagian besar (75%) bisa mengobrol tanpa perlu berhenti sejenak.

Dari perbandingan ini, penelitian menemukan dua pola yang berbeda. Pertama, pola di zona dekat, yaitu ketika bangunan kurang mampu meredam suara sehingga penghuni terpaksa menanggung beban tersebut melalui perubahan perilaku dan berisiko terhadap kesehatan, terutama kualitas tidur. Kedua, pola di zona jauh, yaitu ketika kondisi bangunan sudah cukup baik sehingga penghuni tidak perlu banyak mengubah kebiasaan. Kedua pola ini memperlihatkan bahwa kondisi fisik bangunan dan perilaku penghuni saling memengaruhi, sehingga kelayakan hunian di pinggir rel kereta tidak cukup dinilai dari status legal lahan saja, tetapi juga harus mempertimbangkan kemampuan bangunan meredam kebisingan.

Sebagai solusi, penelitian ini merekomendasikan dua langkah utama: memasang dinding berlapis dua dengan celah udara dan bahan peredam suara di dalamnya untuk rumah-rumah di zona dekat, serta membangun pagar peredam bising di batas lahan milik jalur kereta agar seluruh kawasan permukiman ikut terlindungi. Penataan ulang posisi jendela dan pintu agar tidak menghadap langsung ke rel juga dapat membantu mengurangi kebisingan tanpa biaya besar. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengukuran langsung di lapangan setelah solusi-solusi tersebut diterapkan, agar efektivitasnya dapat diuji secara nyata.

DAFTAR ACUAN

Anisa, A., Ashadi, A., Lissimia, F., & Bimatukmaru, R. F. (2023). Identifikasi Adaptasi Spasial Pada Hunian Vernakular. Kasus Studi : Rumah-Rumah Di Kota Lama Kudus. *NALARs*, *22*(2), 153. https://doi.org/10.24853/nalars.22.2.153-160

Fitriani, F., & Prasetyo, S. A. (2024). Upaya Masyarakat dalam Menghadapi Kebisingan pada Permukiman Tepi Rel Kereta Api (Studi Kasus : Permukiman Tepi Rel Kereta Api, Stasiun Cikarang - Stasiun Bekasi). *Jurnal Teknik Sipil*, *5*(1), 13–18. https://doi.org/10.37366/jts.v5i1.5059

Indonesia, K. P. U. dan P. R. (2022). *Pola Permukiman di Sepanjang Jalur Kereta Api Kota Medan TALENTA Conference Series Pola Permukiman di Sepanjang Jalur Kereta Api Kota Medan*. *5*(1). https://doi.org/10.32734/ee.v5i1.1508

Kementerian Sekretariat Negara. (2007). UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 23 TAHUN 2007 TENTANG PERKERETAAPIAN. *UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 23 TAHUN 2007 TENTANG PERKERETAAPIAN*, *3*(September).

M, U. (n.d.). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 05/Prt/M/2008 Tentang Pedoman Penyediaan Dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Di Kawasan Perkotaan*.

Mahroini, Z. (2021). *Persebaran Tingkat Kebisingan Kereta Api Dan Upaya Masyarakat Menghadapi Kebisingan 2019*. *July*.

Morihara, T., Yokoshima, S., & Matsumoto, Y. (2021). *Effects of Noise and Vibration Due to the Hokuriku Shinkansen Railway on the Living Environment : A Socio-Acoustic Survey One Year after the Opening*.

Railfans, D. (2026). *Jadwalkeretaapi*. https://jadwalkeretaapi.com/

Renterghem, T. Van, & Aletta, F. (2021). *Changes in the Soundscape of the Public Space Close to a Highway by a Noise Control Intervention*.

SK. 1405/MenKes RI/XI/2002. (2002).

Tan, W. H., Amares, S., Faridah, W., & Heng, W. K. (2021). *Analysis of Noise Level and Sound Transmission Loss (STL) of Noise Barrier Material for the Construction Site*. *4*, 151–162.

Theofilus D.S Fahik, Agung Witjaksono, A. M. G. (n.d.). *PENATAAN ULANG KAWASAN PERMUKIMAN PADA SEMPADAN REL KERETA API DI KECAMATAN LABUHAN RATU BANDAR LAMPUNG*. *1*(c).