

Potensi Aplikasi Bambu Sebagai Peredam Kebisingan Aktivitas Kereta Api dengan Model Kristal Sonik Persegi

Dewi Handayani^{1) 2) *)}, Widi Hartono^{1) 2)}, Sarah Nuha Fadhilah¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Jalan Ir. Sutami 36A, Surakarta, Jawa Tengah 57126.

²⁾ Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH), Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Jalan Ir. Sutami 36A, Surakarta, Jawa Tengah 57126.

^{*)} Email: dewi@ft.uns.ac.id

Abstrak

Kebisingan merupakan suara yang tidak diharapkan muncul akibat suatu kegiatan atau usaha pada saat tertentu yang mengganggu kesehatan dan kenyamanan. Salah satu aktivitas transportasi yang dapat menimbulkan kebisingan cukup tinggi adalah kereta api. Upaya untuk mengurangi kebisingan akibat kereta api adalah dengan membangun bangunan peredam bising berupa kristal sonik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi aplikasi bambu dengan model kristal sonik persegi sebagai peredam kebisingan aktivitas jalan kereta api. Metode penelitian ini adalah metode eksperimen dengan menggunakan metode KemenLH No. 48 Tahun 1996. Peredam kebisingan terbuat dari material berbahan bambu yang disusun dengan tipe kisi persegi tiga lapis, diameter 8,7 cm \pm 0,2 cm, dan ketinggian 2 meter. Dari hasil penelitian ini didapatkan tingkat kebisingan ekuivalen siang dan malam (L_{SM}) menggunakan barrier diperoleh 90,70 dB, 91,20 dB, 92,09 dB pada jarak 1, 2, dan 3 meter. Potensi kristal sonik berbahan bambu kisi persegi sebagai bangunan peredam dapat mereduksi tingkat kebisingan mencapai 8,87 dB (8,91%). Bambu dengan kisi persegi ini dapat menjadi alternatif bangunan peredam kebisingan di kawasan pemungkiman sekitar rel kereta api.

Kata kunci: Bambu, Kereta Api, Kisi Persegi, Kristal Sonik, Peredam Kebisingan

Abstract

Noise is an unexpected sound that occurs as a result of an activity or activity at a particular time that interferes with health and comfort. One of the transportation activities that can cause a fairly high noise is the train. The attempt to reduce rail noise is to build a sonic crystal noise suppressant building. The study aims to analyze the potential applications of bamboo with a square sonic crystal model as a railroad activity noise suppressant. This research method is an experimental method using the KemenLH method No. 48 of 1996. The noise reducer is made of bamboo material that is arranged with a three-layer square mesh type, diameter 8.7 cm \pm 0.2 cm, and height 2 meters. From the results of this study obtained the noise level of day and night equivalent (L_{SM}) using the barrier achieved 90,70 dB, 91.20 dB, 92.09 dB at distances 1, 2, and 3 meters. The potential of sonic crystals containing bamboo mesh square as a building can reduce the level of noise to 8.87 dB (8.91%). The bamboo with this square mesh can be an alternative to the noise suppressant building in the demolition area around the railway.

Keywords: Bamboo, Noise Reduction, Railway, Sonic Crystal, Square Grid



Copyright © 2024 The Author(s)

This is an open access article under the [CC-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan mobilitas meningkat seiring dengan kebutuhan masyarakat yang semakin tinggi. Peran transportasi sangat penting dalam mobilitas manusia dan barang (Syafi'i dkk., 2024). Salah satu moda transportasi yang banyak disukai masyarakat adalah kereta api karena bebas dari kemacetan, hemat lahan dan energi, rendah polusi, massa yang tinggi, serta

memiliki waktu perjalanan yang cepat dan akurat karena mempunyai jalurnya sendiri dibandingkan dengan moda transportasi darat lainnya. Di lain sisi, kereta api menghasilkan sumber kebisingan yang tinggi. Sumber kebisingan kereta api berasal dari getaran akibat cacat kecil pada roda dan rel. Getaran ini mentransmisikan suara tidak hanya dari roda dan rel, tetapi juga dari permukaan bergetar lainnya, seperti: bogie, komponen suspensi,

dan sisi gerbong. Proses fisik utama yang menyebabkan timbulnya getaran sebagai kebisingan adalah kontak antar roda kereta api. Ketika sebuah roda kereta bergulir di atas rel maka akan menimbulkan gaya pada keduanya. Gaya-gaya ini menyebabkan getaran di seluruh sistem yang akan menghasilkan suara (Ogren, 2006). Timbunan tanah yang ada pada jalan rel juga dapat mempengaruhi tingkat kebisingan yang disebabkan oleh aktivitas kereta api (Handayani dkk., 2024). Faktor-faktor seperti kecepatan kereta api, jenis mesin, dan gerbong rel juga merupakan penyebab dari kebisingan kereta api (Handayani dkk., 2024).

Kebisingan telah menjadi salah satu polusi lingkungan yang semakin mengkhawatirkan kehidupan manusia di seluruh dunia. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja menyatakan bahwa kebisingan merupakan suara yang tidak diharapkan muncul akibat suatu kegiatan atau usaha pada saat tertentu yang mengganggu kesehatan pendengaran. Besarnya tingkat kebisingan dinyatakan dalam satuan desibel (dB). Baku tingkat kebisingan merupakan batas maksimal tingkat kebisingan yang diizinkan untuk dilepas ke lingkungan dari suatu kegiatan atau usaha sehingga tidak mengganggu kesehatan dan kenyamanan. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 20 Tahun 2023 tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri batas ambang kebisingan untuk daerah pemukiman sebesar 55 dB. Batas ambang kebisingan untuk peruntukan kawasan/lingkungan kegiatan lain juga dapat dilihat pada Tabel 1.

Kebisingan telah menjadi salah satu polusi lingkungan yang semakin mengkhawatirkan kehidupan manusia di seluruh dunia. Kebisingan dapat berasal dari berbagai sumber, seperti transportasi, industri, konstruksi, dan kegiatan-kegiatan lainnya. Kebisingan yang terjadi secara terus menerus dapat mengganggu aktivitas penduduk dan mempengaruhi kesehatan (Handayani et al., 2016). Gangguan yang ditimbulkan akibat kebisingan dapat berupa gangguan terhadap sistem pendengaran

Peruntukan Kawasan/ Lingkungan Kegiatan	Tingkat Kebisingan (dB)
Pemukiman	55
Tempat Rekreasi	70
Fasilitas Pendidikan	55
Tempat Ibadah atau sejenisnya	55
Pasar dan Pusat Perbelanjaan	65
Pelabuhan Laut	70
Stasiun Kereta, Terminal, Bandar Udara	Disesuaikan dengan ketentuan Menteri Perhubungan
Tempat dan Fasilitas Umum (TFU) lainnya kecuali Fasilitas Pelayanan Kesehatan	60

Kebisingan dapat menyebabkan gangguan fisiologis, seperti kenaikan tekanan darah, kenaikan frekuensi nadi, pembentukan pembuluh darah perifer, serta dapat menyebabkan pucat dan gangguan sensorik (Sunaryo, 2021). Kebisingan memiliki berbagai dampak negatif pada kesehatan fisik dan mental manusia, serta dapat mempengaruhi lingkungan sekitarnya. Beberapa dampak kebisingan yaitu gangguan fisiologis, gangguan psikologis, gangguan pendengaran, gangguan tidur, gangguan komunikasi, dan gangguan sosial dan kualitas hidup (Suryani, 2014). Kebisingan kereta api ternyata dapat juga menyebabkan gangguan psikologis berupa stres (Putra dkk., 2017). Dari fenomena yang disampaikan diatas, maka sangat penting untuk mengambil langkah-langkah untuk mengurangi kebisingan di lingkungan sekitar, termasuk penggunaan peredam kebisingan dan praktik-praktik yang mendukung lingkungan yang lebih tenang. Ini dapat membantu melindungi kesehatan dan kesejahteraan manusia serta meminimalkan dampak negatif pada lingkungan.

Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mengurangi kebisingan adalah dengan membuat peredam kebisingan. Prinsip kerja dari peredam kebisingan adalah dengan melalui tiga mekanisme utama pemantulan (insulasi), penyerapan (absorbs), dan pembelokan (difraksi). Beberapa macam peredam kebisingan dapat berupa *barrier* alami, *barrier* buatan, serta *barrier* alami dan timbunan tanah (Rizky, 2017). Salah satu bentuk *barrier* alami untuk mengurangi kebisingan adalah tumbuhan seperti pohon jati dan bambu yang memiliki daun yang lebat dan tajuk yang rapat

Tabel 1. Batas Ambang Kebisingan

(Ramadhani dkk., 2018). Alternatif yang dapat digunakan untuk menggunakan peredam kebisingan berupa tanaman bambu (Hikmatullah dkk., 2020). Bambu merupakan salah satu bahan bangunan tertua yang digunakan manusia di daerah tropis dan subtropis. Bambu termasuk spesies yang tumbuh dengan cepat. Pertumbuhan tinggi batang bambu diwujudkan melalui pertumbuhan ruas dengan pembelahan sel bervariasi (Qisheng dkk., 2002). Bambu dapat menggantikan kayu, plastik, baja, semen, dan material komposit dalam aplikasi struktur (Li & He, 2019). Bambu banyak digunakan sebagai bahan bangunan rumah, peralatan rumah tangga, dan dapat meredam kebisingan (Ramadhani dkk., 2018) Struktur alami bambu yang berongga dan serat yang padat memungkinkan bambu menyerap dan menghamburkan gelombang suara, mengurangi pantulan, dan resonansi suara (Mutia dkk., 2014). Hal ini juga didukung oleh penelitian Wati (2020) dengan memberi peredam berupa pohon, pada jarak minimal lima meter.

Bangunan peredam kebisingan memiliki berbagai bentuk salah satunya bentuk kristal sonik. Kristal Sonik adalah bahan yang disusun dengan jarak kisi tertentu dan digunakan untuk menghamburkan suara. Kristal Sonik digunakan sebagai bahan untuk memisahkan frekuensi dalam rentang yang diinginkan tergantung pada panjang gelombang bahan, jarak, kombinasi celah, dan antar bahan (Morandi dkk., 2016). Kristal sonik dapat digunakan sebagai hambatan bunyi karena sifat penyerapan bunyinya secara lokal. Terlepas dari fenomena hamburan untuk melemahkan kebisingan dalam beberapa struktur periodik, struktur sonik kristal menawarkan mekanisme penyerapan. Struktur kristal sonik dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu 1D, 2D, dan 3D (Chong dkk., 2012).

Lagarrigue dkk. (2013) mengenalkan penggunaan kristal sonik berbahan bambu berongga sebagai peredam kebisingan. Hal yang juga dilakukan oleh Ferdyan dkk. (2023) dengan membuat simulasi bangunan peredam kebisingan dengan kristal sonik akibat kebisingan lalu lintas dengan menggunakan material tabung PVC. Menurut Fitriani dan Elvaswer (2022) yang membahas mengenai pengaruh desain permukaan serat bambu terhadap koefisien absorsi dan impedansi akustik dengan metode tabung.

Kebisingan yang terjadi akibat adanya operasional kereta api dapat menimbulkan dampak bagi pemukiman yang terletak dekat dengan jalur kereta api. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah kristal sonik berbahan bambu dengan kisi persegi dapat digunakan sebagai bangunan peredam kebisingan di daerah pemukiman yang berdekatan dengan jalur kereta api. Harapan penelitian ini adalah menawarkan ide baru untuk mengurangi polusi suara dengan konsep peredaman suara kristal sonik dan pemanfaatan material lokal bambu.

2. METODE

Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan bahan bambu dengan panjang 2 meter setiap batangnya. Bambu yang digunakan memiliki diameter $8,7 \pm 0,2$ cm. Jumlah bambu yang digunakan sebanyak 39 buah dengan konfigurasi kisi 13×3 buah.



Gambar 1. Susunan kristal sonik kisi persegi berbahan bambu

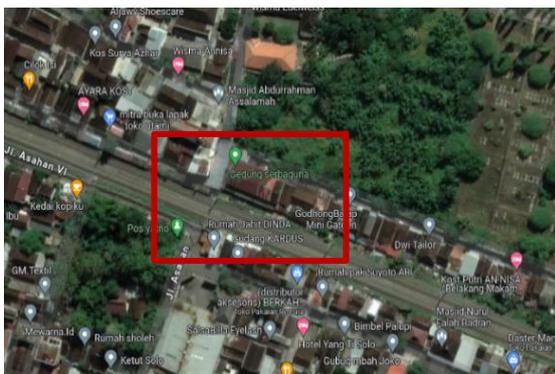
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Sound Level Meter* (SLM) merk KRISBOW dengan seri KW06-290. Jumlah alat yang digunakan sebanyak 3 buah. Alat ini memiliki beberapa fitur, yaitu 0,1 dB resolusi, respon cepat atau lambat, data *hold* dan *max hold*, pengecek kalibrasi yang sudah tertanam, setengah dari luas LCD memiliki indikasi fungsi. Alat ini juga memiliki rentang pengukuran pada 64 dB sampai 130 dB.



Gambar 2. Kristal sonik bambu kisi persegi

Metode penelitian

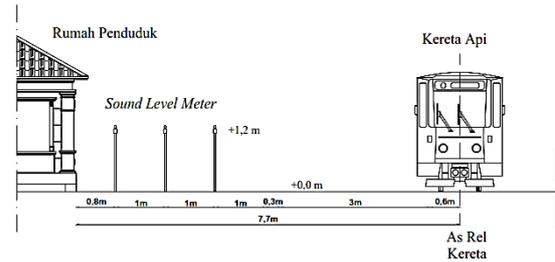
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang mengacu pada KeMenLH No. 48 Tahun 1996 dan dilakukan di kawasan jalan rel kereta api dekat pemukiman. Pemukiman di kawasan jalan kereta api tepatnya di Jalan Asahan 1, Pucangsawit, Kecamatan Jebres, Kota Surakarta, Jawa Tengah.



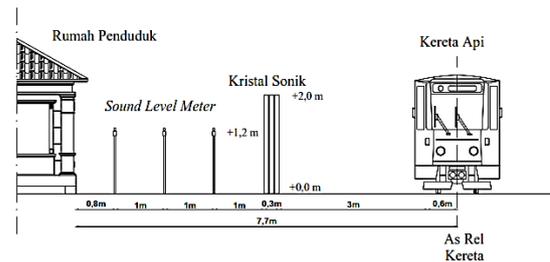
Gambar 3. Lokasi pengambilan data

Kristal sonik ditempatkan sebagai peredam kebisingan pada jarak 3 meter dari as rel kereta. Pengukuran dilakukan menggunakan *Sound Level Meter* (SLM) yang diletakkan di belakang kristal sonic dengan ketinggian 1,2 – 1,5 meter dari lantai kerja berdasarkan SNI 8427 Tahun 2017. Pengukuran dilakukan menggunakan *Sound Level Meter* (SLM) yang ditempatkan

pada jarak 1 meter, 2 meter, 3 meter setelah kristal sonik bambu persegi.



Gambar 4. Sketsa *set up* tanpa kristal sonik pengujian tampak samping



Gambar 5. Sketsa *set up* pengujian tampak samping

Pengambilan data kebisingan berdasarkan aktivitas kereta api. Setiap pengukuran perhari dibagi menjadi tujuh interval waktu. Penting untuk menentukan bahwa setidaknya ada empat kali pengambilan data pada siang hari dan tiga kali pada malam hari untuk mewakili interval waktu tertentu. Berikut adalah saat pengambilan data kebisingan.

- L1 diambil waktu pengukuran pukul 07.00 pada interval pukul 06.00 – 09.00
- L2 diambil waktu pengukuran pukul 10.00 pada interval pukul 09.00 – 14.00
- L3 diambil waktu pengukuran pukul 15.00 pada interval pukul 14.00 – 17.00
- L4 diambil waktu pengukuran pukul 20.00 pada interval pukul 17.00 – 22.00
- L5 diambil waktu pengukuran pukul 22.00 pada interval pukul 22.00 – 23.00
- L6 diambil waktu pengukuran pukul 01.00 pada interval pukul 23.00 – 01.00
- L7 diambil waktu pengukuran pukul 02.00 pada interval pukul 01.00 – 06.00

Prosedur dalam pengambilan data kebisingan akibat aktivitas kereta api menggunakan *Sound Level Meter* (SLM), sebagai berikut:

- Mengaktifkan alat SLM
- Memilih *selector range* intensitas kebisingan
- Pengukuran dilakukan saat terdapat kereta api yang melintas mulai dari gerbong awal hingga gerbong terakhir
- Pembacaan angka pada monitor SLM tiap 5 detik
- Mencatat data kebisingan dalam dBA

Metode analisis data dilakukan dengan metode perhitungan tingkat kebisingan sinambung setara atau Leq (dB). Analisis data diawali dengan menghitung tingkat kebisingan ekuivalen tiap 5 detik pada tiap selang waktu.

$$L_i = 10 \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n \left((5 \times 10^{L_{pA1}/10}) + (5 \times 10^{L_{pA2}/10}) + (5 \times 10^{L_{pA3}/10}) \right) \right] \quad (1)$$

Keterangan:

Li = Leq dengan waktu sampling tiap 5 detik
T = lamanya waktu pengambilan sampel

Selesai diperoleh data yang mampu mewakili setiap selang waktu L1 sampai L7, maka dilanjutkan dengan melakukan perhitungan tingkat kebisingan siang hari (L_S) selama 16 jam dan malam hari (L_M) selama 8 jam.

$$L_S = 10 \log \left[\frac{1}{16} \sum_{i=1}^n \left((T_1 \times 10^{L_{i1}/10}) + \dots + (T_4 \times 10^{L_{i4}/10}) \right) \right] \quad (2)$$

$$L_M = 10 \log \left[\frac{1}{8} \sum_{i=1}^n \left((T_5 \times 10^{L_{i5}/10}) + \dots + (T_7 \times 10^{L_{i7}/10}) \right) \right] \quad (3)$$

Berdasarkan data perhitungan tingkat kebisingan siang hari (L_S) dan malam hari (L_M) kemudian dihitung tingkat kebisingan ekuivalen siang malam (L_{SM}).

$$L_{SM} = 10 \log \left[\frac{1}{24} \sum_{i=1}^n \left((16 \times 10^{L_S/10}) + (8 \times 10^{L_M+5/10}) \right) \right] \quad (4)$$

Keterangan:

LS = Leq selama siang hari
LM = Leq selama malam hari
LSM = Leq selama siang dan malam hari
T = lamanya waktu pengambilan sampel
Ti = interval waktu pengambilan sampel

Tingkat kebisingan tanpa dan menggunakan kristal sonik selanjutnya dapat dihitung reduksi bisings berupa selisih nilai tingkat kebisingan sebelum dan sesudah pemasangan kristal sonik berbahan bambu kisi persegi.

$$NR = SPL_{open} - SPL_{barrier} \quad (5)$$

Keterangan:

NR = Nilai reduksi tingkat SPL (dB)
SPL_{open} = Tingkat kebisingan tanpa kristal sonik
SPL_{barrier} = Tingkat kebisingan dengan kristal sonik

Selain menghitung reduksi dari SPL, data ini juga dapat memberikan hasil efektifitas reduksi yang didapatkan. Perhitungan efektivitas reduksi tingkat kebisingan dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Efektivitas\ reduksi = \frac{K_{DV} - K_{BV}}{K_{DV}} \times 100 \% \quad (6)$$

Keterangan:

K_{DV} = Tingkat kebisingan sebelum dipasang kristal sonik
K_{BV} = Tingkat kebisingan setelah dipasang kristal sonik

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, dihitung tingkat kebisingan yang dapat direduksi oleh kristal sonik kisi persegi berbahan bambu pada jarak tertentu dan menarik kesimpulan apakah kristal sonik kisi persegi berbahan bambu dapat digunakan untuk meredam kebisingan di kawasan pemukiman dekat rel kereta api.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode eksperimen dilakukan dengan cara pengambilan data kebisingan aktivitas kereta api. Pengambilan data kebisingan akibat aktivitas kereta api sesuai dengan KepMenLH No. 48 tahun 1996 tentang baku tingkat kebisingan. Lokasi penelitian berada di Jalan Asahan 1, Pucangsawit, Kec. Jebres, Kota Surakarta, Jawa Tengah.

Hasil pengukuran tanpa kristal sonik menunjukkan bahwa kereta api memiliki tingkat kebisingan yang cukup tinggi, dengan rata-rata 93,15 dBA. Pada saat kereta melintas, tingkat kebisingan tertinggi bisa mencapai 106,6 dBA dan nilai terendah sebesar 84 dBA. Hasil pengukuran dengan menggunakan kristal sonik berbahan bambu kisi persegi menunjukkan bahwa kereta api memiliki

tingkat kebisingan yang cukup tinggi, dengan rata-rata 86,6 dBA. Pada saat kereta melintas, tingkat kebisingan bisa mencapai 106,8 dBA dan nilai terendah sebesar 75,8 dBA. Hasil rekapitulasi perhitungan tingkat kebisingan dengan menggunakan rumus (1), (2), dan (3) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi perhitungan tingkat kebisingan (dB)

Jarak	Hasil Perhitungan					
	Tanpa Kristal Sonik			Dengan Kristal Sonik		
	L _S	L _M	L _{SM}	L _S	L _M	L _{SM}
1 M	98	96	100	87	89	91
2 M	98	96	99	87	90	91
3 M	98	94	98	87	91	92

Berdasarkan hasil perhitungan tingkat kebisingan pada Tabel 2 tersebut menunjukkan nilai kebisingan tertinggi pada jarak 1 meter tanpa menggunakan kristal sonik sebesar 100 dB dan terendah pada jarak 1 meter dengan menggunakan kristal sonik sebesar 91 dB. Data hasil kebisingan di Tabel 1 membuktikan bahwa tingkat kebisingan yang dihasilkan akibat aktivitas kereta api melebihi ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup sesuai dengan Peraturan Nomor 48 Tahun 1996 yaitu sebesar 55 dB(A).

Hasil perhitungan reduksi bising dan efektivitas reduksi bising dari data yang diperoleh dengan menggunakan rumus (5), dan (6) dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

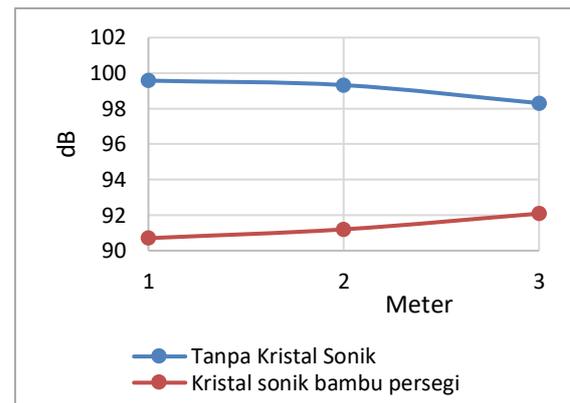
Tabel 2. Rekapitulasi reduksi bising (dB)

Jarak	Hasil Perhitungan		
	LS	LM	LSM
1 M	11.47	7.14	8.87
2 M	10.80	6.60	8.12
3 M	11.10	3.09	6.22

Tabel 3. Rekapitulasi efektivitas reduksi bising

Jarak	Hasil Perhitungan		
	LS	LM	LSM
1 M	11.65%	7.43%	8.91%
2 M	11.03%	6.86%	8.18%
3 M	11.34%	3.29%	6.33%

Hasil perhitungan yang diperlihatkan pada Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan bahwa setelah menggunakan kristal sonik berbahan bambu kisi persegi tidak semua titik pengujian memiliki tingkat reduksi bising dan efektivitas reduksi bising yang sama. Hal ini ditunjukkan oleh hasil reduksi pada jarak 1 meter sebesar 8,87 dB (8,91%), pada jarak 2 meter sebesar 8,12 dB (8,18%), dan pada jarak 3 meter sebesar 6,22 dB (6,33%). Rata-rata nilai reduksi tingkat kebisingan dengan kristal sonik berbahan bambu kisi persegi sebesar 7,74 dB (7,80%).

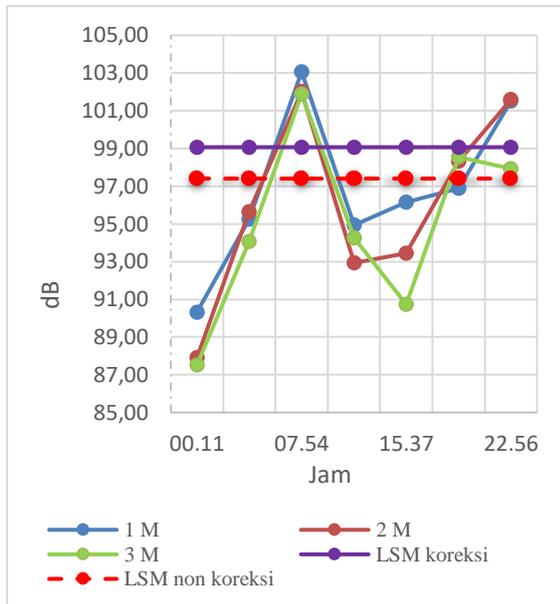


Gambar 6. Grafik perbandingan tanpa dan menggunakan kristal sonik bambu kisi persegi

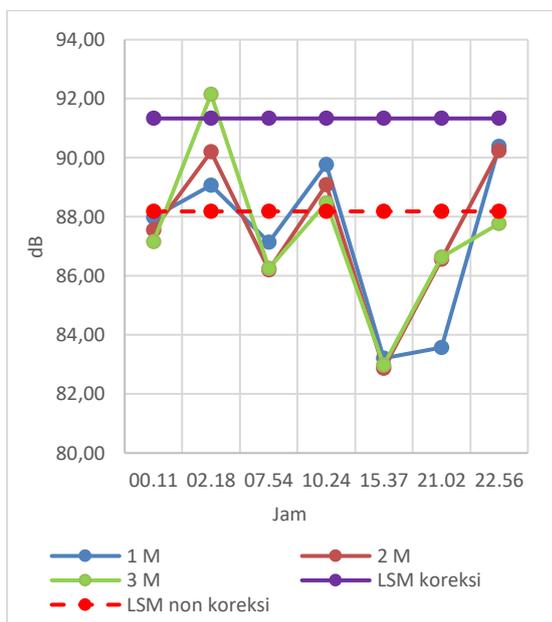
Dapat terlihat pada Gambar 6 bahwa pada pengukuran tanpa kristal sonik semakin jauh jarak SLM maka semakin rendah tingkat kebisingan yang akan diterima oleh penduduk. Di lain sisi, pada pengukuran menggunakan kristal sonik berbahan bambu dengan kisi persegi jarak 3 meter lebih tinggi tingkat kebisingan dikarenakan kebisingan yang dihasilkan oleh kereta api masih bisa melewati sisi samping kristal sonik bambu dan diakibatkan juga terjadinya pantulan suara yang berasal dari dinding rumah warga.

Dapat terlihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 grafik nilai tingkat kebisingan tanpa kristal sonik tertinggi pada jarak 1 meter sebesar 99,57 dB dan terendah pada jarak 3 meter sebesar 98,31 dB. Pada tingkat kebisingan yang menggunakan kristal sonik berbahan bambu kisi persegi memiliki nilai tertinggi pada jarak 3 meter sebesar 92,09 dB dan terendah pada jarak 1 meter sebesar 90,70 dB. Hasil perbandingan antara tanpa dan menggunakan kristal sonik memperlihatkan nilai reduksinya pada jarak 1 meter sebesar 8,87 dB (8,91%), pada jarak 2 meter sebesar 8,12 dB (8,18%), dan pada jarak 3 meter sebesar 6,22 dB (6,33%). Rata-rata nilai

reduksi tingkat kebisingan tanpa kristal sonik dan menggunakan kristal sonik berbahan bambu kisi persegi adalah 7,74 dB (7,80%).



Gambar 7. Grafik tingkat kebisingan tanpa menggunakan kristal sonik bambu kisi persegi



Gambar 8. Grafik tingkat kebisingan menggunakan kristal sonik bambu kisi persegi

Penelitian terkait tingkat kebisingan kereta api juga dilakukan oleh (Mahromi, 2019). Penelitian ini berjumlah 10 titik berlokasi di sepanjang permukiman pinggiran rel kereta Kelurahan Ketintang, Kota Surabaya.

Penelitian menggunakan alat *Sound Level Meter* yang berjarak 3 meter dari as rel kereta api. Hasil penelitian menunjukkan tingkat kebisingan siang dan malam (L_{SM}) pada jarak 3 meter sebesar 115,96 – 112,74 dB. Pada penelitian ini SLM diletakkan pada jarak 3 meter dari as rel kereta api. Hasil penelitian menunjukkan tingkat kebisingan siang dan malam (L_{SM}) pada jarak 3 meter sebesar 99,57 dB. Pada jarak 3 meter dari as rel kereta api di kota Surabaya lebih tinggi dikarenakan adanya perbedaan karakteristik setiap jalan kereta api.

Penelitian terkait penggunaan kristal sonik oleh Morandi dkk. (2016) dilakukan dengan simulasi di Laboraturium Universitas Bologna, Italy. Penelitian tersebut menggunakan kristal sonik dengan diameter 16 cm, ketebalan 3,2 mm, dan lebar 3 m, dan mampu meredam 24 dB. Pada percobaan aplikasi lapangan, penelitian ini baru berhasil meredam suara sebesar 7,74 dB. Hal tersebut dimungkinkan lebar yang digunakan pada penelitian ini (1,5 meter) adalah setengah dari ukuran penelitian di Laboratorium. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk memperpanjang dimensi panjang bangunan peredam kebisingan.

Penelitian terkait desain penggunaan bangunan peredam kebisingan oleh Mayangsari (2009) menggunakan material *brick*. Hasil penelitian tersebut memperlihatkan peredam kebisingan menggunakan dinding *barrier* berbahan material *brick* dengan tinggi 4 meter, panjang 100 meter, dan tebal antara 23,88 cm – 28,9 cm, mampu melakukan pengurangan suara sebesar 12,8 dB. Di lain sisi, bambu dengan model kristal sonik yang dilakukan pada penelitian ini mampu meredam 8,87 dB meskipun hanya dengan panjang 1,5 meter dan tinggi 2,0 meter. Hal ini memperlihatkan bahwa bambu dengan model kristal sonik berpotensi untuk diaplikasikan sebagai peredam kebisingan akibat aktivitas operasional kereta api.

4. SIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian adalah bahwa pengaplikasian kristal sonik berbahan bambu kisi persegi sebagai bangunan peredam dapat mereduksi tingkat kebisingan mencapai 8,87 dB dengan nilai efektivitas reduksi mencapai 8,91%. Hal ini membuktikan bahwa bambu dengan kristal sonik kisi persegi berpotensi sebagai bangunan peredam

kebisingan di kawasan pemukiman sekitar rel kereta api.

Hasil penelitian ini perlu dikembangkan lebih lanjut untuk mencapai hasil yang lebih optimal dan menyempurnaan tujuan penelitian. Adapun saran-saran untuk penelitian selanjutnya antara lain dapat diterapkan pada lokasi yang berbeda dengan jenis karakteristik transportasi kereta api yang berbeda, menambahkan jumlah dan lapis bambu, meningkatkan panjang dan tinggi kristal sonik di sepanjang kawasan pemukiman sekitar rel kereta api agar lebih efektif dalam mengurangi tingkat kebisingan, memperbesar dimensi kristal sonik, dan menggunakan metode perhitungan kebisingan yang didasarkan pada jadwal kedatangan kereta api.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih sebesar-besarnya untuk semua warga lokasi penelitian di Pucangsawit, para kolega dan mahasiswa yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan pada: Tim Penelitian Kebisingan akibat Transportasi di Grup Riset Transportasi Berkelanjutan dan Laboratorium *Traffic Engineering* Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret. Tanpa bantuan, kontribusi dan kerja sama semua pihak tersebut di atas, pencapaian ini tidak akan terwujud.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Chong, C., Boon, Y., Crystal, S., Barriers, N., Commons, C., Works, A. D., & This, P. (2012). *The Open University Sonic Crystal Noise Barriers by*.
- Ferdyan, E. F., Handayani, D., As'ad, S., Ubaidillah, & Yahya, I. (2023). Use of Sound Attenuation With Sonic Crystal Structures in Residential Areas Due To Highways. *Journal of Applied Engineering Science*, 21(3), 785–794. <https://doi.org/10.5937/jaes0-42087>
- Fitriani, N., & Elvaswer, E. (2022). Pengaruh Desain Permukaan Serat Bambu terhadap Koefisien Absorpsi dan Impedansi Akustik. *Jurnal Fisika Unand*, 12(1), 29–34. <https://doi.org/10.25077/jfu.12.1.29-34.2023>
- Handayani, D., Kundarto, R., & Hadiani, R. R. (2016). Prediksi Kebisingan Di Jalan Arteri Sekunder (Studi Kasus: Jalan Ir. Juanda Surakarta). *Matriks Teknik Sipil*, 1(36), 643–648. <https://matriks.sipil.ft.uns.ac.id/index.php/MaTekSi/article/view/553>
- Handayani, D., Ubaidillah, U., & Adzim, W. F. (2024). Pengaruh Timbunan Jalan Rel Terhadap Tingkat Kebisingan Aktivitas Kereta Api. *Matriks Teknik Sipil*, 11(4), 449. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v11i4.76330>
- Handayani, D., Ubaidillah, U., & Sabtya, A. M. N. (2024). Karakteristik Tingkat Kebisingan Akibat Aktivitas Kereta Api Di Pemukiman (Studi Kasus: Jl. Cimanuk II-Jebres-Surakarta). *Matriks Teknik Sipil*, 11(4), 442. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v11i4.76236>
- Hikmatullah, B. Y., Yulinawati, H., & Wijayanti, A. (2020). *Saat Pandemi COVID-19 Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti Corresponding Author : asihwijayanti@trisakti.ac.id ABSTRAK 1 . 1 Latar Belakang Kereta api dan kereta listrik merupakan transportasi. 1(1), 1–6.*
- Kementerian Kesehatan. (2023). Permenkes No. 2 Tahun 2023. *Kemenkes Republik Indonesia*, 55, 1–175.
- Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2018). Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5. *Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 Tentang Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja*, 567, 1–69. <https://indolabourdatabase.files.wordpress.com/2018/03/permenaker-no-8-tahun-2010-tentang-apd.pdf>
- Kementrian Lingkungan Hidup (1996). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 Tentang: Baku Tingkat Kebisingan. Keputusan Menteri

- Negara Lingkungan Hidup, 48.
- Lagarrigue, C., Groby, J. P., & Lunam, V. T. (2013). *Machine Translated by Google Kristal sonik berkelanjutan terbuat dari batang bambu yang beresonansi Machine Translated by Google*. 133(1), 247–254.
- Li, W., & He, S. (2019). Research on the Utilization and Development of Bamboo Resources through Problem Analysis and Assessment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 300(5), 3–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/300/5/052028>
- Mahroni, Z. Kuspriyanto. 2019. Persebaran tingkat kebisingan kereta api dan upaya masyarakat menghadapi kebisingan di pemukiman rel kereta api Kelurahan Ketintang Gayungan Kota Surabaya. *Swara Bhumi*, 1(2), 1-7.
- Mayangsari, A. P. (2009). Perancangan Barrier Untuk Menurunkan Tingkat Kebisingan Pada Jalur Rel Kereta Api Di Jalan Ambengan Surabaya Dengan Menggunakan Metode Nomograph.
- Morandi, F., Miniaci, M., Marzani, A., Barbaresi, L., & Garai, M. (2016). Standardised acoustic characterisation of sonic crystals noise barriers: Sound insulation and reflection properties. *Applied Acoustics*, 114, 294–306. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.07.028>
- Mutia, T., Sugesty, S., Hardiani, H., Kardiansyah, T., & Risdianto, H. (2014). Potensi Serat dan Pulp Bambu Untuk Komposit. *Jurnal Selulosa*, 4(1), 25–36.
- Ogren, M. (2006). Noise emission from railway traffic. *English*, 41.
- Putra, M. S., Kusumawati, R., Prihandjojo, R., & Putranto, A. (2017). Pengaruh Kebisingan Kereta Api Terhadap Kualitas Hidup. *Nexus Kedokteran Komunitas*, 6(1), 1–11.
- Ramadhani, G. E., Farkhan, A., & Pramesti, L. (2018). the Design Application of Physical Outcome'S Theory on the Hospital of Mother and Child in Surakarta. *Arsitektura*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.20961/arst.v16i1.17236>
- Rizky, A. M. (2017). *Analisis Tingkat Kebisingan Dikaitkan dengan Tata Guna Lahan di Kawasan Jalan Dr. Ir. H. Soekarno (MERR) Surabaya*. 1–81.
- Sunaryo. (2021). Dampak kebisingan kereta api terhadap kenaikan denyut nadi dan gangguan komunikasi pada masyarakat. *2-TRIK: Tunas-Tunas Riset Kesehatan*, 11(3), 143–146.
- Suryani, N. D. I. (2014). Analisis Pengaruh Tingkat Kebisingan dan Getaran Kereta Api Terhadap Darah Ibu Rumah tangga di Pemukiman inggiran Rel Kereta Api Jalan Ambengan Surabaya. *Jurnal Universitas Airlangga*, 1–95.
- Syafi'i, Handayani, D., Mahmudah, A. M. H., Agustin, T., Hartono, W., & Emilia, V. M. (2024). Impact of Toll Road on Performance of Road Network and Emissions: Case Study of Sragen Regency. *Civil Engineering and Architecture*, 12(3), 2354–2359. <https://doi.org/10.13189/cea.2024.121329>
- Wati, E. K. (2020). Pengukuran dan Analisis Kebisingan Permukiman Tepi Rel Kereta Listrik. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 4(3), 273. <https://doi.org/10.30998/string.v4i3.5400>