
Analisis Sebaran Kebisingan di Area Permukiman dengan Metode Numerik dan Visualisasi pada MATLAB

Santi Trilina*, Asep Sofyan, Haryo Satriyo Tomo

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

*Koresponden email: santi.trilina89@gmail.com

Diterima: 3 September 2025

Disetujui: 17 September 2025

Abstract

Noise is one of the significant environmental problems in urban areas, which can have a negative impact on public health and quality of life. One source of noise is transportation activities, one of which is two-wheeled vehicles passing through narrow roads in residential areas. This study aims to model the distribution of two-wheeled vehicle noise in densely populated residential areas using the Finite Difference numerical method implemented in MATLAB. Field experiments were conducted to prove the validity of the noise level prediction formula based on distance. The results of the study showed that the mathematical prediction model was in line with the experimental results. Finite Difference numerical simulations provide a more realistic and varied visualization of noise distribution compared to simple theoretical models. This model can be the basis for noise management planning in densely populated residential areas.

Keywords : *noise, numeric method, matlab*

Abstrak

Kebisingan merupakan salah satu masalah lingkungan yang signifikan di kawasan perkotaan, yang dapat berdampak negatif pada kesehatan masyarakat dan kualitas hidup. Salah satu sumber kebisingan adalah aktivitas transportasi salah satunya kendaraan roda dua yang melintas di jalan-jalan sempit area permukiman penduduk. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan sebaran kebisingan kendaraan roda dua di area permukiman padat menggunakan metode numerik *Finite Difference* yang diimplementasikan dalam MATLAB. Eksperimen lapangan dilakukan untuk membuktikan keabsahan rumus prediksi tingkat kebisingan berdasarkan jarak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model prediksi matematis sejalan dengan hasil eksperimen. Simulasi numerik Finite Difference memberikan visualisasi sebaran kebisingan yang lebih realistik dan variatif dibandingkan model teoritis sederhana. Model ini dapat menjadi dasar perencanaan pengelolaan kebisingan di permukiman padat.

Kata Kunci : *kebisingan, metode numerik, matlab*

1. Pendahuluan

Definisi kebisingan mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No KEP-48/MENLH/11/1996 adalah bunyi yang tidak diinginkan atau diharapkan dari suatu usaha atau kegiatan dalam nilai dan waktu terpapar yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Kebisingan itu sendiri biasanya dianggap sebagai bunyi yang tidak dikehendaki dan harus mengacu pada baku tingkat kebisingan yang ditetapkan. Dimana, kebisingan sering kali didefinisikan sebagai suara yang melebihi ambang batas toleransi pendengaran manusia dan dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, baik fisik maupun mental (Farooqi et al, 2022).

Area permukiman sering menjadi penerima atau reseptor dari timbulnya kebisingan suatu aktivitas atau kegiatan di sekitarnya. Salah satu sumber kebisingan berasal dari kegiatan transportasi diantaranya adalah penggunaan kendaraan roda dua (sepeda motor) yang semakin meningkat. Hal ini menyebabkan peningkatan signifikan dalam tingkat kebisingan dan dapat berdampak negatif pada kesehatan dan kualitas hidup masyarakat. Oleh karena itu, pemodelan dan analisis sebaran kebisingan menjadi penting untuk memahami dampak dari sumber kebisingan di lingkungan permukiman.

Pemodelan dapat dilakukan dengan Simulasi pada MATLAB menggunakan metode numerik dan analisis sebaran kebisingan yang dilakukan memungkinkan pemodelan yang lebih akurat dan efisien. Diharapkan penelitian ini dapat mengembangkan model prediksi kebisingan lingkungan pada suatu perencanaan kegiatan di perkotaan.

2. Metode penelitian

Lokasi penelitian

Penelitian ini difokuskan pada analisis dan eksperimen terhadap kebisingan yang berasal dari kendaraan roda dua di lapangan terbuka untuk menjadi pengembangan sebaran kebisingan di kawasan permukiman. Lokasi studi untuk dijadikan acuan dalam pemodelan adalah area permukiman di Gedebage Wetan, Kota Bandung yang merupakan salah satu area permukiman padat dan diperkirakan bahwa kebisingan yang terjadi paling tinggi berasal dari mobilitas sepeda motor terutama di area gang-gang permukiman tersebut.

Metode penelitian

Pada awal penelitian dilakukan pengumpulan data meliputi data sekunder dan data primer. Data sekunder berupa data kebisingan di area studi dapat diperoleh dengan studi dokumen melalui laporan monitoring pemantauan lingkungan sebuah Kawasan Perumahan di sekitar lokasi studi. Dimana diketahui bahwa pengelola kawasan perumahan tersebut pernah melakukan pengukuran di lokasi studi dalam rangka pengumpulan rona lingkungan dengan mengacu pada SNI-8427-2017.

Data primer diperoleh dengan melakukan eksperimen berupa pengukuran tingkat kebisingan secara langsung menggunakan alat Sound Lever Meter pada sumber bising berupa kendaraan roda dua dalam kondisi diam (idle) dengan prosedur mengacu pada ISO 5130:2019. Terdapat 2 jenis sumber suara berupa kendaraan roda dua yaitu sepeda motor automatis dan sepeda motor manual (kopling).

Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan pada sumber knalpot kendaraan pada jarak 0,1 meter, kemudian pada jarak 0,5 meter, 2 meter, 4 meter, 8 meter, 10 meter, 15 meter dan 25 meter. Waktu pengukuran dilakukan selama minimal 120 detik untuk mendapatkan nilai rata-rata kebisingan sumber (Leq).

Perhitungan tingkat kebisingan eqivalen (Leq)

Leq adalah tingkat kebisingan ekivalen yang merupakan nilai rata-rata energi kebisingan selama periode tertentu dan menggambarkan paparan kebisingan kumulatif. Nilai Leq dapat diperoleh berdasarkan data hasil pengukuran dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Leq = 10 \log \left(\frac{1}{n} \right) \left(10^{0,1xL1} + 10^{0,1xL2} + \dots + 10^{0,1xLn} \right) \quad (1)$$

Dimana :

L = Tingkat kebisingan yang terukur (dBA)

n = Jumlah data pengukuran

Pengolahan dan analisis data eksperimen

Data hasil pengukuran dianalisis untuk menghitung Leq dan pola penurunan tingkat kebisingan terhadap jarak. Persamaan teoritis prediksi tingkat kebisingan digunakan sebagai acuan pembanding, yaitu:

$$L_2 = L_1 - 20 \log_{10} \left(\frac{r_2}{r_1} \right) \quad (2)$$

Dimana:

L_2 = Tingkat kebisingan pada jarak r_2 (dBA)

L_1 = Tingkat kebisingan sumber (dBA)

r = Jarak dari sumber (m)

Dalam penelitian ini, untuk mengevaluasi tingkat akurasi antara hasil pengukuran langsung dan perhitungan teoritis tingkat kebisingan, digunakan dua metode perhitungan error, yaitu error absolut dan error relatif. Kedua metode ini digunakan untuk memberikan gambaran kuantitatif sejauh mana hasil pengukuran di lapangan menyimpang dari hasil perhitungan teoritis.

Simulasi numerik dengan metode Finite Difference

Simulasi sebaran kebisingan dilakukan dengan metode *Finite Difference* menggunakan MATLAB. Area studi dibagi menjadi grid spasial berukuran seragam Δx dan Δy . Persamaan penyebaran energi suara dalam domain dua dimensi diformulasikan sebagai berikut:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) + S \quad (3)$$

Dimana:

C = tingkat kebisingan pada titik (x,y)

t = waktu simulasi

D = koefisien difusi (representasi hambatan/pantulan)

S = sumber kebisingan

Persamaan ini didiskretkan menggunakan skema *Finite Difference* eksplisit:

$$C(i,j)^{n+1} = C(i,j)^n + D\Delta t \left(\frac{\frac{C(i+1,j)^n - 2C(i,j)^n + C(i-1,j)^n}{\Delta x^2} + \frac{C(i,j+1)^n - 2C(i,j)^n + C(i,j-1)^n}{\Delta y^2}}{2} \right) \quad (4) + S\Delta t$$

Validasi model

Hasil simulasi *Finite Difference* divalidasi dengan membandingkan pola sebaran dan nilai tingkat kebisingan dengan hasil eksperimen lapangan dan model teoritis. Indikator kesesuaian model dihitung menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dengan persamaan:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_{simulasi,i} - C_{pengukuran,i})^2} \quad (5)$$

Dimana:

RMSE = *Root Mean Square Error* (dBA),

C_{simulasi,i} = nilai tingkat kebisingan hasil simulasi di titik ke- i,

C_{pengukuran,i} = nilai tingkat kebisingan hasil pengukuran di titik ke- i,

n = jumlah titik pengamatan atau sampel.

3. Hasil dan pembahasan

Analisis tingkat kebisingan sumber motor automatis

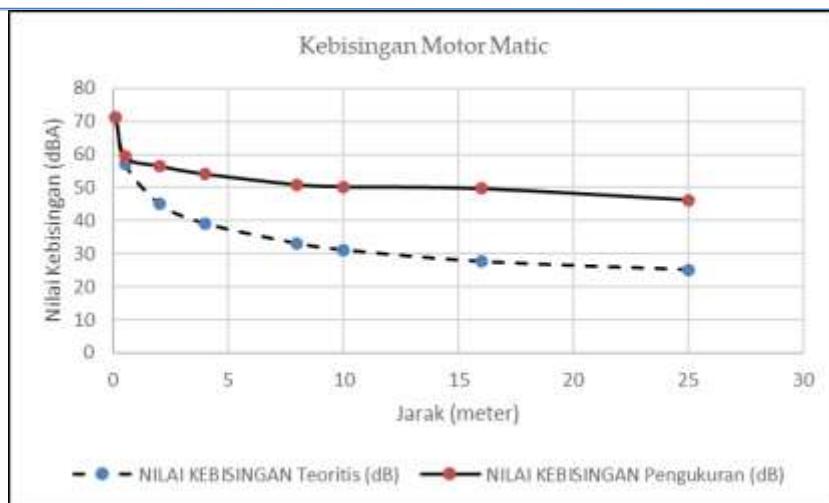
Berikut adalah perbandingan hasil pengukuran, teoritis dan analisa eror pada 1 sumber berupa sepeda motor automatis.

Tabel 1. Perbandingan hasil pengukuran, teoritis dan analisa eror pada sepeda motor automatis

Jarak (m)	Nilai Teoritis (dBA)	Nilai Pengukuran (dBA)	Error Absolut (dBA)	Error Relatif (%)
0,1	71,2	71,21	-	-
0,5	57,22	59,37	2,15	3,76
2	45,18	56,53	11,35	25,12
4	39,16	54,10	14,94	38,15
8	33,14	50,87	17,73	53,50
10	31,2	50,25	19,05	61,06
15	27,68	49,66	21,98	79,41
25	25,18	46,24	21,06	83,64

Sumber : Hasil Perhitungan (2025)

Berdasarkan hasil pengukuran diatas, hasil pengukuran menunjukkan pola penurunan tingkat kebisingan seiring bertambahnya jarak dari sumber, yang sesuai dengan perhitungan teoritis pada jarak dekat. Namun, pada jarak menengah hingga jauh, terjadi deviasi antara hasil pengukuran dan prediksi teoritis, dengan error relatif mencapai lebih dari 50% pada jarak di atas 8 meter. Pola ini menunjukkan bahwa selain propagasi suara, faktor lingkungan seperti pantulan, gangguan suara lain, dan kondisi permukaan turut memengaruhi hasil pengukuran.



Gambar 1. Grafik perbandingan hasil pengukuran dan perhitungan teoritis sepeda motor automatis

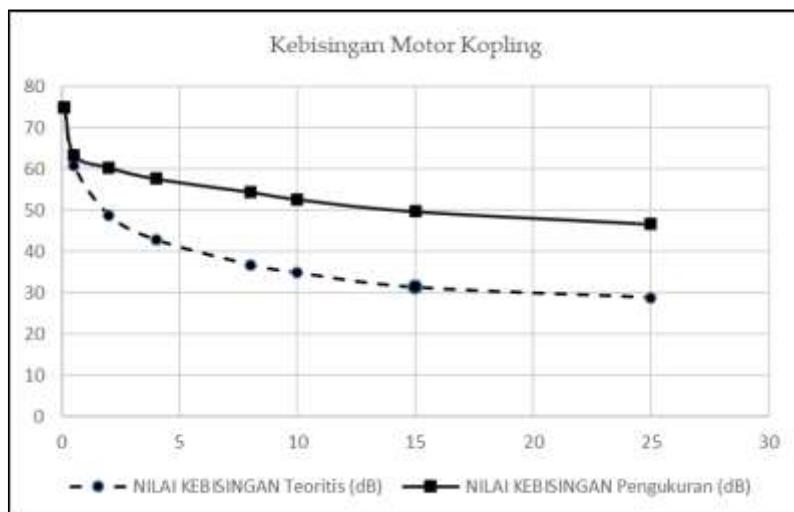
Analisis tingkat kebisingan sumber motor manual (*kopling*)

Berikut adalah perbandingan hasil pengukuran, teoritis dan analisa eror pada 1 sumber berupa sepeda motor manual.

Tabel 2. Perbandingan hasil pengukuran, teoritis dan analisa eror pada sepeda motor manual (*kopling*)

Jarak (m)	Nilai Teoritis (dBA)	Nilai Pengukuran (dBA)	Error Absolut (dBA)	Error Relatif (%)
0,1	74,87	74,87	-	-
0,5	60,89	63,46	2,11	3,47
2	48,85	60,34	11,35	23,23
4	42,83	57,62	13,97	32,62
8	36,81	54,39	16,79	45,61
10	34,87	52,64	17,23	49,41
15	31,35	49,70	19,95	63,64
25	28,85	46,63	20,05	69,50

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

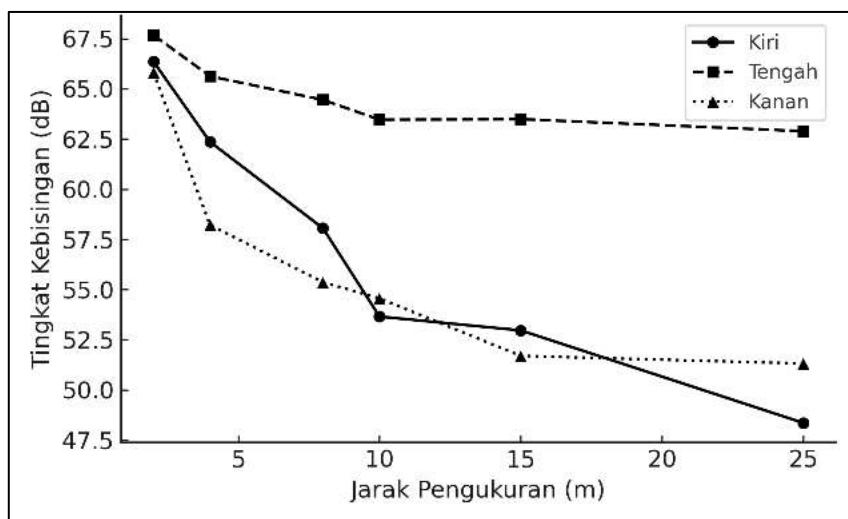


Gambar 2. Grafik perbandingan hasil pengukuran dan perhitungan teoritis sepeda motor manual (kopling)

Berdasarkan hasil pengukuran diatas, hasil pengukuran menunjukkan penurunan tingkat kebisingan seiring bertambahnya jarak, namun deviasi dengan perhitungan teoritis juga terjadi, terutama pada jarak jauh. Error relatif dapat melebihi 60% pada jarak 15 meter, menandakan keterbatasan rumus teoritis dalam merepresentasikan kondisi nyata, khususnya untuk kendaraan dengan karakteristik kebisingan tinggi seperti motor kopling.

Analisis tingkat kebisingan sumber motor manual (kopling)

Pengukuran tingkat kebisingan pada sisi kiri, tengah, dan kanan dilakukan untuk mengevaluasi sebaran dan pola distribusi kebisingan yang dihasilkan oleh dua sumber suara, yaitu motor automatis dan motor kopling, yang berjarak 2 meter satu sama lain.



Gambar 3. Grafik perbandingan hasil pengukuran gabungan dua sumber

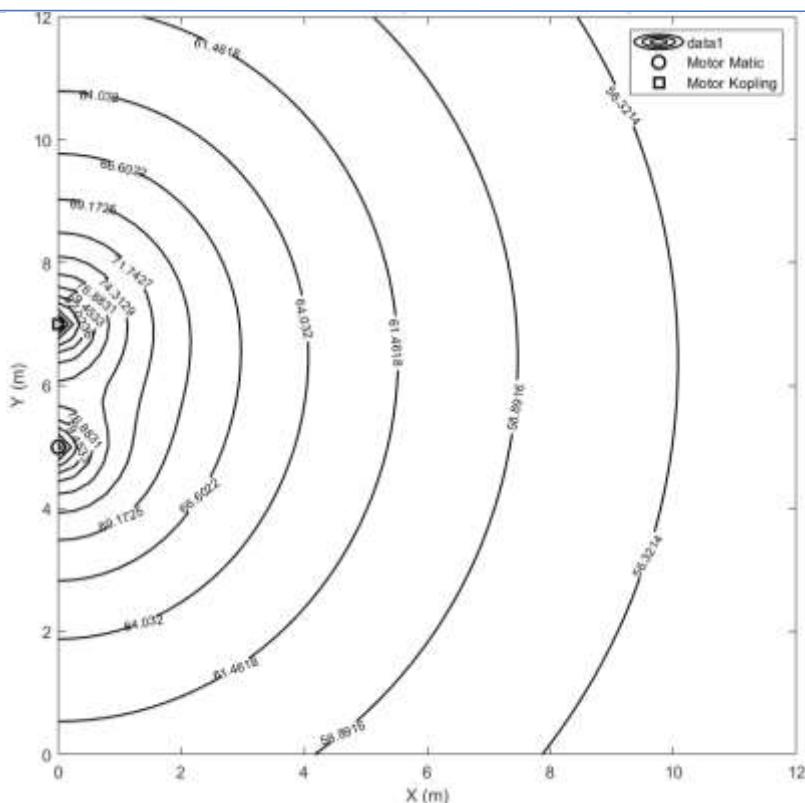
Berdasarkan hasil pengukuran, terdapat variasi tingkat kebisingan yang signifikan antara sisi kiri, tengah, dan kanan. Pada posisi tengah, tingkat kebisingan cenderung lebih tinggi dibandingkan sisi kiri dan kanan, terutama pada jarak lebih dari 2 meter. Pola ini mengindikasikan terjadinya interferensi konstruktif di posisi tengah, di mana gelombang suara dari kedua sumber saling memperkuat.

Visualisasi dan analisis sebaran kebisingan MATLAB

Hasil pengukuran lapangan yang telah dilakukan menjadi salah satu input data dalam simulasi sebaran kebisingan pada MATLAB. Simulasi sebaran kebisingan ditampilkan dalam bentuk kontur dengan grid 0,25 m dan batasan dimensi area adalah $12 \times 12 \text{ m}^2$. Dimana lokasi sumber bising diasumsikan pada grid dengan titik koordinat (0,5) untuk motor automatis dan koordinat (0,7) untuk motor kopling sehingga visualisasi pada **Gambar 4**.

Hasil visualisasi pada **Gambar 4** memperlihatkan pola sebaran bersifat radial dari masing-masing sumber, namun saling berinterferensi dan membentuk pola sebaran yang asimetris karena posisi sumber tidak sejajar atau simetris. Kombinasi dua sumber menghasilkan zona dengan tingkat kebisingan gabungan yang cukup tinggi, bahkan di area di antara kedua sumber, namun nilainya tidak sekadar penjumlahan linear karena penggabungan dilakukan logaritmik.

Penerapan metode *Finite Difference* dalam simulasi ini sangat krusial untuk merepresentasikan fenomena penyebaran kebisingan yang kompleks di lingkungan permukiman padat. Metode ini memungkinkan prediksi sebaran kebisingan tidak hanya pada satu titik statis, tetapi secara spasial dan dinamis



Gambar 4. Visualisasi sebaran kebisingan dua sumber

Validasi Hasil Simulasi

Pengukuran validitas dilakukan menggunakan metode *Root Mean Square Error* (RMSE), yang memberikan gambaran besar kecilnya deviasi antara hasil simulasi dengan kondisi nyata di lapangan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai RMSE untuk simulasi sebaran kebisingan sumber diam gabungan dua motor adalah sebesar 4,26 dB. Nilai ini menunjukkan bahwa model numerik yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam merepresentasikan sebaran tingkat kebisingan di area permukiman, terutama untuk kondisi sumber diam. Nilai RMSE yang masih berada di bawah 5 dB menunjukkan bahwa model mampu menggambarkan tren penurunan tingkat kebisingan secara kuantitatif dengan deviasi yang masih dapat diterima dalam standar prediksi akustik

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh bahwa tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh dua sumber suara, yaitu motor automatis dan motor kopling, baik secara terpisah maupun gabungan, menunjukkan pola penurunan seiring dengan bertambahnya jarak dari sumber. Simulasi *Finite Difference* yang telah divalidasi dengan data pengukuran dan analisis RMSE menunjukkan bahwa model ini dapat digunakan sebagai alat bantu perencanaan untuk memetakan sebaran kebisingan dan merumuskan strategi pengelolaan kebisingan di kawasan permukiman padat.

5. Daftar Pustaka

- [1] Badan Standarisasi Nasional, "Pengukuran Tingkat Kebisingan Lingkungan". SNI 8427 : 2017. Jakarta.2017
- [2] Baffoe, P. E., & Duker, A. A., "Application of multiple linear regression technique to predict noise pollution levels and their spatial patterns in the tarkwa mining community of Ghana," American Journal of Mathematical and Computer Modelling, 4(2), 36-44.2019
- [3] Beranek, L. "Noise and Vibration Control Engineering". John Wiley & Sons.2006
- [4] Chapra, S. C., & Canale, R. P. "Numerical Methods for Engineers". McGraw-Hill. 2015.
- [5] Farooqi, Z. U. R., Ahmad, I., Ditta, A., Ilić, P., Amin, M., Naveed, A. B., ... & Gulzar, A. "Types, sources, socioeconomic impacts, and control strategies of environmental noise: a review". Environmental Science and Pollution Research, 29(54), 81087-81111.2022.

-
- [6] Ihlenburg, F. "Finite element analysis of acoustic scattering". Springer.1998
 - [7] ISO 9613-2. "Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation".1996
 - [8] Kementerian Lingkungan Hidup. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 Tentang Baku Tingkat Kebisingan. Jakarta. 1996
 - [9] Pierce, A. D. " Acoustics: An introduction to its physical principles and applications (3rd ed.)." Springer. 2019
 - [10] Prihatiningsih, D. "Pemetaan Tingkat Kebisingan Di Pemukiman Sekitar Rel Kereta Api Kecamatan Gondokusuman". Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia.2019
 - [11] Ranjbar, H. R., Gharagozlou, A. R., & Nejad, A. R. V. "3d analysis and investigation of traffic noise impact from hemmat highway located in tehran on buildings and surrounding areas." Journal of Geographic Information System, 04(04), 322-334.2012
 - [12] Satriyo, Haryo. Materi Kuliah Pengendalian Kebisingan. Bandung : Institut Teknologi Bandung.2024.
 - [13] Xie, H., Zhang, B., & Liu, J."Noise mapping in urban environments using MATLAB".Applied Acoustics, 72(8), 479–486. 2011
 - [14] Yang, M. " Numerical investigation on the characteristics of underbody aerodynamic noise sources in electric vehicles". Journal of Physics Conference Series, 2756(1), 012012. 2024.
 - [15] Zafar, M. I., Bharadwaj, S., Dubey, R., Tiwary, S. K., & Biswas, S. (2023). "Reducing data requirements for simple and effective noise mapping: a case study of noise mapping using computational methods and gis for the raebareli city intersection". Acoustics, 5(4), 1066-1098. 2023.