



## Pemetaan Kebisingan Lalu Lintas di Perkotaan – Sebuah Tinjauan

Trida Ridho Fariz

Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Negeri Semarang

Email Korespondensi: [trida.ridho.fariz@mail.unnes.ac.id](mailto:trida.ridho.fariz@mail.unnes.ac.id)

**Diterima:** 11 September 2022

**Disetujui:** 24 Oktober 2022

**Diterbitkan:** 31 Oktober 2022

### **Kata Kunci:**

Pemetaan Kebisingan, Kebisingan Lalu Lintas, SIG

### **ABSTRAK**

Kebisingan lalu lintas dapat memberikan dampak negatif pada manusia seperti penyakit kardiovaskular dan kesehatan mental. Ini membuat pengendalian kebisingan merupakan hal yang penting. Data yang representatif menjadi salah satu kunci utama dalam pengendalian kebisingan. Hal ini dikarenakan data yang representatif seperti peta sebaran kebisingan dapat membantu dalam pengambilan keputusan terkait rencana aksi pengurangan kebisingan di lingkungan. Oleh karena itu, artikel ini akan melakukan review literatur untuk membahas beberapa tantangan atau gap yang mungkin muncul dalam kajian pemetaan kebisingan menggunakan SIG (Sistem Informasi Geografis), sehingga dapat disimpulkan beberapa future work untuk pemetaan kebisingan lalu lintas. Hasil mengindikasikan bahwa kajian pemetaan kebisingan di Indonesia masih terbatas sehingga perlu ada kajian, salah satunya adalah perbandingan antar metode interpolasi hingga hiperparameter.

**Received:** 11 September 2022

**Accepted:** 24 October 2022

**Published:** 31 October 2022

### **Keyword:**

Noise Mapping, Traffic Noise, GIS

### **ABSTRACT**

Noise from traffic can have a negative impact on humans such as cardiovascular disease and mental health. This makes noise control important. Representative data is one of the main keys in noise control. This is because representative data such as noise distribution maps can assist in making decisions regarding action plans for noise reduction in the environment. Therefore, this article will conduct a literature review to discuss some of the challenges or gaps that may arise in the noise mapping study, so that some future work can be concluded for traffic noise mapping using GIS (Geographic Information System). The results indicate that the study of noise mapping in Indonesia is still limited so there is a need for studies, one of which is a comparison between interpolation methods to hyperparameters.

## 1. PENDAHULUAN

Kemacetan lalu lintas merupakan permasalahan yang sudah lama terjadi di kota-kota besar Indonesia. Tidak hanya DKI Jakarta yang merupakan ibukota Indonesia, laporan Bank Dunia menyebutkan bahwa kota-kota besar lainnya seperti Kota Padang, Kota Malang, Kota Pontianak dan Kota Yogyakarta termasuk ke dalam kota dengan rasio waktu kemacetan tertinggi (Roberts et al., 2019). Kemacetan memberikan dampak lingkungan seperti polusi udara dan polusi bising yang mana keduanya memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia (Marve et al., 2016; Montes-González et al., 2018). Walaupun begitu, polusi bising diberi perlakuan yang berbeda dalam penanganannya dibandingkan pencemaran udara (Safira, 2017). Padahal polusi bising juga bisa memberikan dampak yang berbahaya seperti penyakit kardiovaskular bahkan kesehatan mental (Basner & McGuire, 2018; Ferial et al., 2022; Hammersen et al., 2016; Rudolph et al., 2019). Bahkan dalam konteks

pembangunan, kebisingan dapat menjadi penghalang tak hanya dalam sektor kesehatan tetapi juga pemenuhan target SDG's (Sustainable Development Goals) walaupun masih dipandang sebelah mata (King, 2022).

Ini membuat pengendalian kebisingan merupakan hal yang penting. Data yang representatif menjadi salah satu kunci utama dalam pengendalian kebisingan. Hal ini dikarenakan data yang representatif seperti peta sebaran kebisingan dapat membantu dalam pengambilan keputusan terkait rencana aksi pengurangan kebisingan di lingkungan (Bocher et al., 2019). Di Indonesia, beberapa petunjuk teknis kajian kebisingan sudah ada terutama yang terkait dengan metode uji tingkat kebisingan jalan, prediksi kebisingan lalu lintas menggunakan CORTN serta pengukuran kebisingan lingkungan (BSN, 2002; DPPW, 2004; DPU, 2005). Mengingat masih terbatasnya petunjuk teknis mengenai pemetaan kebisingan, artikel ini akan melakukan tinjauan pustaka terkait pemetaan kebisingan. Artikel ini juga akan membahas beberapa tantangan atau gap yang mungkin muncul dalam kajian pemetaan kebisingan,

sehingga dapat disimpulkan beberapa future work untuk pemetaan kebisingan lalu lintas berbasis SIG (Sistem Informasi Geografis). Tujuannya agar semakin kayanya referensi terkait pemetaan kebisingan yang akan menjadi hulu dalam pengendalian kebisingan lalu lintas di Indonesia.

## 2. METODE

Tinjauan pustaka atau *literature review* bisa dikatakan sebagai metode untuk melakukan identifikasi, evaluasi dan sintesis terhadap hasil penelitian dan hasil pemikiran yang terdahulu. Tinjauan pustaka atau *literature review* dilakukan dengan resensi pada artikel ilmiah, buku, tesis, prosiding konferensi yang terdahulu. Artikel ini akan melakukan *review* beberapa artikel yang berkaitan dengan kebisingan dan pemetaan kebisingan. Hasil *review* akan disusun secara sistematis dari teknik pengumpulan data kebisingan hingga teknik pemetaan kebisingan. Artikel ini juga akan membahas beberapa tantangan atau gap yang mungkin muncul dalam kajian pemetaan kebisingan, sehingga dapat disimpulkan beberapa future work untuk pemetaan kebisingan lalu lintas khususnya di Indonesia. Berdasarkan hal tersebut, artikel ini merupakan artikel review bertipe *scoping reviews*. *Scoping review* bertujuan untuk membatasi tingkat, jangkauan dan sifat kegiatan penelitian pada area tertentu guna mengidentifikasi *research gap* dan hal yang harus dibahas selanjutnya (Paré et al., 2015; Paré & Kitsiou, 2017)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pemetaan kebisingan lalu lintas di perkotaan umumnya terbagi menjadi tiga tahapan kerja. Tahapan ini meliputi tahapan pra-lapangan, tahapan lapangan dan tahapan pasca lapangan. Tahapan pra-lapangan adalah tahapan persiapan alat dan metode pengumpulan data yang digunakan. Umumnya pada tahapan ini peneliti harus melakukan studi literatur dan observasi terkait waktu dan lokasi pengukuran kebisingan dilakukan. Waktu pengukuran memegang peranan penting dalam pengukuran kebisingan karena setiap jam dan hari memiliki kepadatan lalu lintas yang berbeda, sebagai contoh studi Alhani et al. (2017) yang menjelaskan bahwa pada jam 07.00-08.00 merupakan volume puncak kendaraan bermotor dilokasi studi dan jam 10.00-11.00 merupakan yang terendah.

Lokasi stasiun pengukuran juga memegang peranan penting dalam pengukuran kebisingan, sebagai contoh studi dari yang menunjukkan bahwa lokasi yang memiliki RTH (Ruang Terbuka Hijau) yang lebih memadai cenderung memiliki tingkat kebisingan yang lebih rendah (Potoboda et al., 2021). Lokasi pengukuran sebaiknya juga dicek dahulu melalui Google Earth dan Google StreetView untuk memastikan kondisi fisiknya. Faktor lainnya yang perlu dipertimbangkan adalah cuaca, yang sebaiknya pengukuran dilakukan pada musim yang sama mengingat ada perbedaan saat tingkat kebisingan antara musim hujan dan kemarau (Das et al., 2019). Asumsinya saat musim hujan masyarakat cenderung menggunakan mobil yang tentu akan menambah tingkat kemacetan, tetapi studi yang membahas perbedaan kondisi cuaca dengan tingkat kebisingan masih jarang di Indonesia sehingga masih belum terjawab dengan pasti seberapa besar perbedaan antara kebisingan di saat hujan dan tidak.



**Gambar 1.** Pemasangan Alat Sound Level Meter (Segaran et al., 2020)

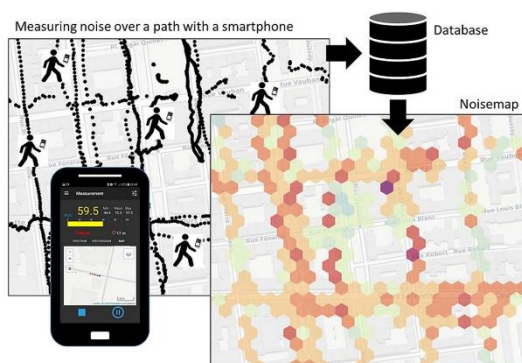
Pada tahapan lapangan adalah pengukuran kebisingan. Sebelum pengukuran kebisingan dimulai, sebaiknya dilakukan pengukuran kecepatan angin menggunakan anemometer serta perekaman titik koordinat menggunakan GPS. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan perangkat sound level meter yang telah dipasang di tripod (Gambar 1). Ketinggian sound level meter sekitar 1,5 meter di atas permukaan tanah, sekitar 1,5 meter jauh dari tepi trotoar dan memiliki jarak minimal 75 meter dari persimpangan (Gholami et al, 2012; Segaran et al, 2020). Jika menggunakan sound level meter yang tidak memiliki fasilitas data logger maka pembacaan dilakukan setiap 5 detik selama 10 menit, untuk satu kali pengukuran. Cara ini dapat dilakukan minimal oleh 2 orang, yaitu satu orang untuk melihat waktu dan memberikan aba-aba pembacaan kebisingan setiap 5 detik lalu satu orang lagi bertugas membaca dan mencatat hasil pengukuran kebisingan oleh sound level meter. Setiap satu kali pengukuran dengan pembacaan kebisingan tiap 5 detik selama 10 menit sehingga nanti akan didapat 120 data tingkat kebisingan.

Beberapa studi kebisingan lalu lintas, melakukan analisis sampai mendapatkan nilai *L<sub>sm</sub>* atau nilai tingkat kebisingan siang malam seperti Suastawa et al. (2015), Arifin (2019) dan Wati (2020). Oleh karena itu pengukuran kebisingan bisa dilakukan selama 24 jam, yang dibagi menjadi aktifitas pada siang dan malam hari. Aktifitas pada siang hari ditentukan selama 16 jam (*L<sub>s</sub>*) dalam selang waktu 06.00 – 22.00. Lalu pada malam hari ditentukan selama 8 jam (*L<sub>m</sub>*) dalam selang waktu 22.00 – 06.00. Setiap pengukuran harus mewakili aktifitas tertinggi pada selang waktu tertentu, dengan menetapkan paling sedikit 4 waktu pengukuran pada siang hari dan 3 waktu pengukuran pada malam hari (GESI, 2018; Menteri Negara Lingkungan Hidup, 1996). Perhitungan *L<sub>sm</sub>* berdasarkan Menteri Negara Lingkungan Hidup (1996), dapat dilakukan menggunakan sheet excel di laman <https://bit.ly/hitunglsm>.

Tahapan pasca lapangan merupakan tahapan pengolahan dan analisis data. Tahapan ini meliputi perhitungan *Leq* setiap 1 menit lalu dilanjutkan untuk menghitung *Leq* setiap 10 menit. Setelah menghitung nilai *Leq* 10 menit maka selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai *L<sub>s</sub>* dan nilai *L<sub>m</sub>* yang menjadi dasar untuk mendapatkan nilai *L<sub>sm</sub>*. Dalam kasus pemetaan kebisingan, titik lokasi pengukuran kebisingan tidak hanya satu titik saja sehingga penghitungan *L<sub>sm</sub>* perlu dilakukan pada setiap titik pengukuran. Mengenai jumlah titik pengukuran kebisingan yang ideal masih jarang

pembahasannya. Untuk mendapatkan model yang representatif, data yang digunakan sebagai pembangun model harusnya juga merepresentasikan kondisi wilayah tersebut. Contoh bagus dalam studi pemetaan kebisingan adalah studi dari Cai et al. (2019) yang membangun grid dengan jarak 8 meter yang mana setiap grid digunakan untuk pengambilan sampel.

Jika mengacu pada Cai et al. (2019), maka akan membutuhkan jumlah sampel yang banyak sebagai contoh untuk ruas jalan sekitar 0,4 km maka sampel yang dibutuhkan sekitar 50 sampel. Pengambilan kebisingan sebaiknya dilakukan secara serentak tiap titiknya, tetapi jika tidak memungkinkan maka bisa dilakukan bergantian dengan waktu yang tak jauh berbeda, sebagai contoh titik 1 diukur pada pukul 07.00 dan titik 2 diukur pada pukul 08.00. Penggunaan alat ukur juga dapat disiasati dengan menggunakan smartphone yang dibantu dengan aplikasi pengukur kebisingan. Penggunaan smartphone sebagai alat ukur kebisingan memiliki kelebihan yaitu praktis, tetapi memiliki kelemahan utama yaitu akurasi yang salah satunya diakibatkan oleh sistem sensor yang tidak terlindungi sehingga memunculkan efek aliran udara (Golmohammadi, 2003; Kardous & Shaw, 2014, 2016). Hal yang perlu dipastikan untuk menggunakan smartphone sebagai alat ukur kebisingan adalah tingkat akurasi. Ini membuat perlu dilakukan studi yang membandingkan nilai kebisingan dari Sound Level Meter dengan aplikasi dari smartphone seperti studi dari Murphy & King (2016) dan McLennon et al. (2019). Jika dapat dipastikan bahwa aplikasi di smartphone bisa digunakan dalam pengukuran kebisingan, maka selanjutnya pengumpulan data kebisingan berpotensi dilakukan berbasis crowdsourcing atau banyak orang seperti studi (Lee et al., 2020) dan (Picaut et al., 2019) (**Gambar 2**).

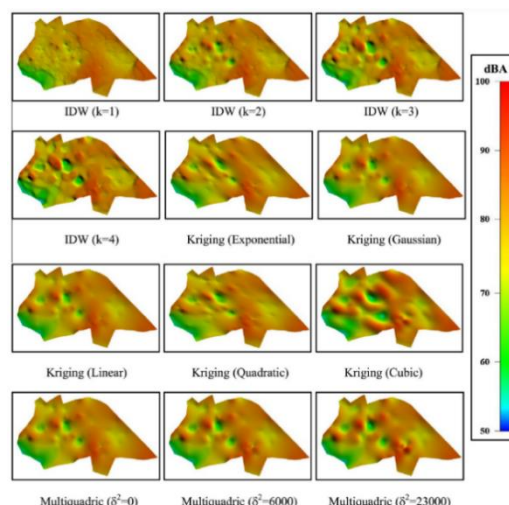


**Gambar 2.** Alur Pemetaan Kebisingan Berbasis Crowdsourcing dari Smartphone (Picaut et al., 2019)

Pemetaan kebisingan dapat dilakukan setelah data terkumpul. Umumnya teknik pemetaan kebisingan berbasis SIG menggunakan analisis spasial yaitu interpolasi dengan menyajikan kondisi kebisingan saat pagi, malam dan keseluruhan (Lsm). Interpolasi adalah metode untuk menghasilkan data baru dalam suatu jangkauan dari suatu set diskret data yang diketahui. Dalam konteks analisis spasial, interpolasi bisa dikatakan suatu metode untuk memprediksi nilai suatu ruang yang tidak ada datanya (Mitas & Mitasova, 1999; Nirwansyah, 2015). Ada banyak metode interpolasi yang bahkan sudah tersedia dalam aplikasi SIG seperti IDW (inverse distance weighting), spline, RBF (radial basis functions) OK (ordinary kriging), UK (universal kriging), CoK (cokriging) dan RK (regression kriging (Meng et al.,

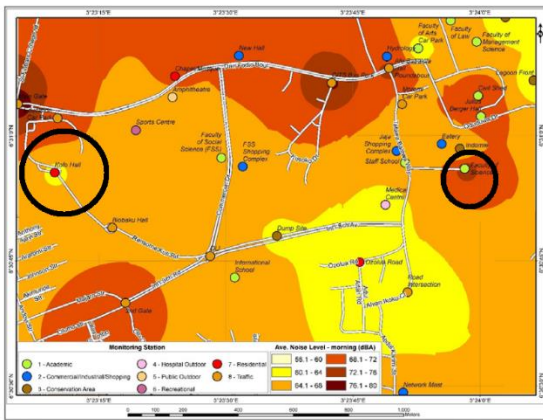
2013; Yang et al., 2015). Diantara banyak analisis spasial tersebut, metode interpolasi yang paling umum digunakan dalam studi pemetaan kebisingan adalah IDW, Spline, dan OK (Aumond et al., 2018; Harman et al., 2016; Margaritis & Kang, 2017).

IDW adalah salah satu teknik interpolasi yang paling banyak diterapkan dalam beberapa studi seperti kualitas air, udara maupun tanah (Sajjadi et al., 2017). Estimasi nilai dari IDW dibuat berdasarkan lokasi terdekat yang diketahui. Bobot yang diberikan pada titik interpolasi adalah kebalikan dari jarak titik interpolasi. Hal ini membuat titik yang memiliki jarak antar titik yang berdekatan akan memiliki bobot yang lebih tinggi (Bhunia et al., 2018; Robinson & Metternicht, 2006). Metode OK adalah metode interpolasi yang menggabungkan sifat statistik dari data yang diukur (autokorelasi spasial). Pendekatan OK menggunakan semivariogram untuk menyatakan kontinuitas spasial (autokorelasi) yang hanya bergantung pada faktor jarak tanpa mempertimbangkan faktor arah (Bhunia et al., 2018; Nirwansyah, 2015). Metode Spline adalah metode interpolasi yang mengestimasi nilai dengan melakukan fitting pada data menuju kelengkungan minimum (Hussein & Al-Sulttani, 2020). Dalam aplikasi pemetaan seperti ArcGIS, interpolasi spline termasuk dalam Base Function Radial (RBF) yang mana memiliki varian yang rendah (Nirwansyah, 2015).



**Gambar 3.** Peta Kebisingan dari Metode IDW, Kriging dan Multiquadratic (Harman et al., 2016)

Di Indonesia kajian pemetaan menggunakan interpolasi sudah banyak dilakukan seperti Utami et al. (2016), Aini et al. (2018) dan Mulyono et al. (2021), tetapi kajian yang membahas mengenai komparasi metode interpolasi masih jarang dilakukan. Padahal setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing seperti studi Nejad et al. (2019) menunjukkan bahwa IDW merupakan metode yang terbaik, sedangkan studi Bostanci (2018) menunjukkan bahwa spline merupakan metode yang terbaik. Pemetaan kebisingan menggunakan interpolasi sebaiknya tidak hanya membandingkan metodenya saja, tetapi sampai membandingkan hiperparameternya seperti studi Harman et al (2016). Hiperparameter yang diuji bisa berupa nilai k pada metode IDW (Gambar 3).



Gambar 4. Kenampakan *Bull-Eyes* pada Peta Kebisingan (Alademomi et al., 2020)

Metode interpolasi sendiri merupakan metode yang paling umum dalam pemetaan kebisingan, tetapi metode ini juga memiliki kelemahan yaitu *bull-eyes* (Gambar 4). Bull-eye effect adalah area konsentris dengan nilai yang sama di sekitar titik data yang diketahui dan ini akan menunjukkan ada wilayah dengan tingkat kebisingan yang jauh berbeda dengan wilayah lainnya. Selain bull-eyes, interpolasi juga kurang representatif dikarenakan tidak mempertimbangkan faktor jarak dari sumber bising (jalan) dan barrier (bangunan dan vegetasi) (Kim et al., 2021). Untuk menutupi hal tersebut, pemetaan kebisingan dapat dibangun dengan metode ANN (Artificial neural network) yang dapat mengakomodir beberapa indikator yang mempengaruhi kebisingan lalu lintas seperti jumlah kendaraan, kecepatan kendaraan dan keberadaan vegetasi (Garg et al., 2015; Kim et al., 2021).

#### 4. SIMPULAN

Pemetaan kebisingan memegang peranan penting dalam penyusunan strategi dan kebijakan pengurangan dampak kebisingan lalu lintas. Artikel ini telah melakukan telaah beberapa literatur yang berkaitan dengan pemetaan kebisingan lalu lintas dan dapat disimpulkan bahwa kajian pemetaan kebisingan di Indonesia masih terbatas dan perlu dikembangkan sebagai berikut:

Pertama, pengukuran kebisingan di Indonesia kebanyakan masih menggunakan cara konvensional seperti menggunakan sound level meter. Untuk mendapatkan informasi yang lebih representatif bisa dilakukan dengan pendekatan crowdsourcing dari smartphone. Pendekatan ini perlu dilakukan beberapa kajian awal seperti uji perbandingan akurasi nilai kebisingan yang didapat sound level meter dengan smartphone seperti studi.

Kedua, teknik pemetaan kebisingan di Indonesia masih jarang dilakukan perbandingan metode seperti perbandingan antar metode interpolasi. Future work yang perlu dilakukan adalah menguji metode interpolasi dalam memetakan kebisingan lalu lintas hingga pada hiperparameternya, selain itu juga perlu memulai membangun model kebisingan yang tidak hanya berbasis interpolasi tetapi juga ANN.

#### DAFTAR PUSTAKA

Aini, A. N., Anwar, I. F., Sufanir, A. M. S., & Astor, Y.

(2018). Survei dan pemetaan zona kebisingan arus lalu lintas pada kawasan RSUP DR Hasan Sadikin Bandung. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 20(1). <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/potensi/article/view/993>

Alademomi, A., Okolie, C., Ojebgibile, B., Daramola, O., Onyegbula, J., Adepo, R., & Ademeno, W. (2020). Spatial and Statistical Analysis of Environmental Noise Levels in the Main Campus of the University of Lagos. *The Journal of Engineering Research [TJER]*, 17(2), 75–88.

Alhani, A., Erwan, K., & Sulandari, E. (2017). Analisa Lalu Lintas Terhadap Kapasitas Jalan Di Pinggiran Kota Pontianak (Kasus Jalan Sungai Raya Dalam). *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 4(4).

Arifin, M. S. (2019). Studi Tingkat Kebisingan Lalu Lintas Pada Jalan Tipe 2/2 Ud (Studi Kasus: Jalan Pangeran Suryanata Samarinda). *KURVA MAHASISWA*, 1(1), 1509–1525.

Aumond, P., Can, A., Mallet, V., De Coensel, B., Ribeiro, C., & Botteldooren, D Lavandier, C. (2018). Kriging-based spatial interpolation from measurements for sound level mapping in urban areas. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 143(5), 2847–2857.

Basner, M., & McGuire, S. (2018). WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and effects on sleep. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3).

Bhunias, G. S., Shit, P. K., & Maiti, R. (2018). Comparison of GIS-based interpolation methods for spatial distribution of soil organic carbon (SOC). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(2), 114–126.

Bocher, E., Guillaume, G., Picaut, J., Petit, G., & Fortin, N. (2019). Noisemodelling: An open source GIS based tool to produce environmental noise maps. *Isprs International Journal of Geo-Information*, 8(3), 130.

Bostanci, B. (2018). Accuracy assessment of noise mapping on the main street. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(1), 1–12.

BSN (Badan Standarisasi Nasional). (2002). *SNI 19-6878-2002: Metode Uji Tingkat Kebisingan Jalan L10 dan Leg*. Badan Standardisasi Nasional.

Cai, M., Lan, Z., Zhang, Z., & Wang, H. (2019). Evaluation of road traffic noise exposure based on high-resolution population distribution and grid-level noise data. *Building and Environment*, 147, 211–220.

Das, P., Talukdar, S., Ziaul, S., Das, S., & Pal, S. (2019). Noise mapping and assessing vulnerability in meso level urban environment of Eastern India. *Sustainable Cities and Society*, 46, 101416.

DPPW (Departemen Permukiman & Prasarana Wilayah). (2004). *Prediksi Kebisingan Lalu Lintas*. Departemen Permukiman & Prasarana Wilayah.

DPU (Departemen Pekerjaan Umum). (2005). *Mitigasi dampak kebisingan akibat lalu lintas jalan*. Departemen Pekerjaan Umum.

Ferial, L., Fitria, L., & Wulandari, R. A. (2022). The Correlation between Noise Level and Hearing Loss of the Population around Pakupatan Bus Station. *Faletehan Health Journal*, 9(01), 13–19.

Garg, N., Mangal, S. K., Saini, P. K., Dhiman, P., & Maji, S. (2015). Comparison of ANN and analytical models in

- traffic noise modeling and predictions. *Acoustics Australia*, 43(2), 179–189.
- GESI. (2018). *Metoda Pengukuran dan Analisa Kebisingan Lingkungan*. <https://www.gesi.co.id/metoda-pengukuran-dan-analisa-kebisingan-lingkungan/>
- Golmohammadi, R. (2003). *Vibration and Noise Engineer*. Daneshjoo Publishing.
- Hammersen, F., Niemann, H., & Hoebel, J. (2016). Environmental noise annoyance and mental health in adults: findings from the cross-sectional German Health Update (GEDA) Study 2012. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(10), 954.
- Harman, B. I., Koseoglu, H., & Yigit, C. O. (2016). Performance evaluation of IDW, Kriging and multiquadric interpolation methods in producing noise mapping: A case study at the city of Isparta, Turkey. *Applied Acoustics*, 112, 147–157.
- Hussein, R., & Al-Sulttani, A. (2020). Spatial Analysis of Noise in Kufa University (Kufa River Campus) using GIS. *Journal of Geoinformatics & Environmental Research*, 1(01), 38–45.
- Kardous, C. A., & Shaw, P. B. (2014). Evaluation of smartphone sound measurement applications. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 135(4), EL186–EL192.
- Kardous, C. A., & Shaw, P. B. (2016). Evaluation of smartphone sound measurement applications (apps) using external microphones—A follow-up study. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 140(4), EL327–EL333.
- Kim, P., Ryu, H., Jeon, J.-J., & Chang, S. II. (2021). Statistical road-traffic noise mapping based on elementary urban forms in two cities of South Korea. *Sustainability*, 13(4), 2365.
- King, E. A. (2022). Here, There, and Everywhere: How the SDGs Must Include Noise Pollution in Their Development Challenges. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 64(3), 17–32.
- Lee, H. P., Garg, S., & Lim, K. M. (2020). Crowdsourcing of environmental noise map using calibrated smartphones. *Applied Acoustics*, 160, 107130.
- Margaritis, E., & Kang, J. (2017). Soundscape mapping in environmental noise management and urban planning: case studies in two UK cities. *Noise Mapping*, 4(1), 87–103.
- Marve, S. R., Bhorkar, M., & Baitule, P. (2016). *A Survey on Environmental Impacts Due to Traffic Congestion in Peak Hours*.
- McLennon, T., Patel, S., Behar, A., & Abdoli-Eramaki, M. (2019). Evaluation of smartphone sound level meter applications as a reliable tool for noise monitoring. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 16(9).
- Meng, Q., Liu, Z., & Borders, B. E. (2013). Assessment of regression kriging for spatial interpolation—comparisons of seven GIS interpolation methods. *Cartography and Geographical Information Science*, 40(1), 28–39.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. (1996). *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-48/MENLH/11/1996 tentang baku tingkat kebisingan*. Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Mitas, L., & Mitasova, H. (1999). Spatial interpolation. *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*, 1(2).
- Montes-González, D., Vilchez-Gómez, R., Barrigón-Morillas, J. M., Atanasio-Moraga, P., Rey-Gozaló, G., & Trujillo-Carmona, J. (2018). Noise and air pollution related to health in urban environments. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*, 2(20), 1311.
- Mulyono, T., Rochadi, D., & Widiasanti, I. (2021). Noise mapping in campus a Rawamangun-Jakarta State University environment and its effect on academic atmosphere. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1098(4), 42116.
- Murphy, E., & King, E. A. (2016). Testing the accuracy of smartphones and sound level meter applications for measuring environmental noise. *Applied Acoustics*, 106, 16–22.
- Nejad, P. G., Ahmad, A., & Zen, I. S. (2019). Assessment of the interpolation techniques on traffic noise pollution mapping for the campus environment sustainability. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 6(1–2), 147–159.
- Nirwansyah, A. W. (2015). Komparasi Teknik Ordinary Kriging dan Spline dalam Pembentukan DEM (Studi Data Titik Tinggi Kota Pekalongan Provinsi Jawa Tengah). *Geoedukasi*, IV(1), 55–57.
- Paré, G., & Kitsiou, S. (2017). Methods for literature reviews. In *Handbook of eHealth Evaluation: An Evidence-based Approach [Internet]*. University of Victoria.
- Paré, G., Trudel, M.-C., Jaana, M., & Kitsiou, S. (2015). Synthesizing information systems knowledge: A typology of literature reviews. *Information & Management*, 52(2), 183–199.
- Picaut, J., Fortin, N., Bocher, E., Petit, G., Aumond, P., & Guillaume, G. (2019). An open-science crowdsourcing approach for producing community noise maps using smartphones. *Building and Environment*, 148, 20–33.
- Potoboda, N. I., Kalangi, J., & Saroinsong, F. B. (2021). Analisis Kebisingan Beberapa Ruang Terbuka Hijau Di Kota Manado. *Cocos*, 2(2).
- Roberts, M., Sander, F. G., & Tiwari, S. (2019). *Time to ACT: Realizing Indonesia's urban potential*. World Bank Publications.
- Robinson, T. P., & Metternicht, G. (2006). Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. *Computers and Electronics in Agriculture*, 50(2), 97–108.
- Rudolph, K. E., Shev, A., Paksarian, D., Merikangas, K. R., Mennitt, D. J., James, P., & Casey, J. A. (2019). Environmental noise and sleep and mental health outcomes in a nationally representative sample of urban US adolescents. *Environmental Epidemiology*, 3(4).
- Safira, I. A. (2017). Peran polusi suara terhadap kesehatan mental warga ibukota di Provinsi DKI Jakarta. *Berita Kedokteran Masyarakat*, 33(5).
- Sajjadi, S. A., Zolfaghari, G., Adab, H., Allahabadi, A., & Delsouz, M. (2017). Measurement and modeling of particulate matter concentrations: Applying spatial analysis and regression techniques to assess air quality. *MethodsX*, 4, 372–390.
- Segaran, V. C., Tong, Y. G., Abas, N. H., Daniel, B. D., Nagapan, S., & Kelundapyan, R. (2020). Traffic noise assessment among residential environment in batu pahat, johore, Malaysia. *IOP Conference Series:*

- Materials Science and Engineering*, 713(1), 12049. *Advances in Meteorology*.
- Suastawa, I. W., Wedagama, D. M. P., & Suthanaya, I. P. A. (2015). Analisis Penggunaan Bangunan Peredam Bising Untuk Mengurangi Kebisingan Lalu Lintas (Studi Kasus Jalan Uluwatu II Jimbaran). *Jurnal Spektran Vol*, 3(2).
- Utami, S. S., Avoressi, D. D., Zakiya, K., & Sutanta, H. (2016). Sound level mapping using geographic information system (gis) to optimize a green campus environment quality. *ARPJ. Eng. Appl. Sci*, 11(6), 4058–4064.
- Wati, E. K. (2020). Pengukuran dan Analisis Kebisingan Permukiman Tepi Rel Kereta Listrik. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 4(3), 273–279.
- Yang, X., Xie, X., Liu, D. L., Ji, F., & Wang, L. (2015). Spatial interpolation of daily rainfall data for local climate impact assessment over greater Sydney region.