

## ***Sistematic Literatur Review (SLR) : TINJAUAN REGULASI GLOBAL TERHADAP BAKU MUTU GETARAN AKIBAT AKTIVITAS TRANSPORTASI DI INDONESIA***

**\*Dewi Handayani<sup>1</sup>, Amirotul Musthofiah HM<sup>2</sup>, Septia Nur Triharningsih<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

<sup>\*)</sup>Email: dewi@ft.uns.ac.id

### **ABSTRACT**

*Transportation modes, whether land, sea, or air, can cause significant vibration impacts that can disturb the surrounding environment. The vibrations caused by the three modes of transportation are ground vibrations that impact people in the environment around the transportation mode. Vibration impacts from these modes of transportation must be controlled through strict regulations for human comfort and health and to maintain the integrity of building structures around the operating area. Indonesia has regulations regarding vibration quality standards regulated in KepMenLH No. 49 of 1996 concerning vibration levels due to facilities and infrastructure for human activities. Various countries also have updated regulations for transportation vibration levels such as Japan, Germany, Australia, and others. The latest transportation vibration quality standard regulations are more comprehensive, making it possible to control vibration impacts more effectively. This research aims to review the regulation of vibration quality standards in Indonesia due to transportation activities with global regulations at both national and international levels. Through comparative descriptive analysis, this research will identify shortcomings in Indonesian regulations and provide recommendations for improvement. The result of this research is that Indonesia's regulations require updating to ensure that the standards used remain relevant and effective in facing future vibration challenges. However, as the majority of countries in the world still use the vibration parameters used in KepMenLH No. 49, these parameters are still sufficient.*

**Keyword:** *Regulations, Transportation, Vibration*

### **ABSTRAK**

Moda transportasi, baik darat, laut, maupun udara, dapat menimbulkan dampak berupa getaran, yang signifikan dapat mengganggu lingkungan sekitar. Pada dasarnya, getaran yang diakibatkan oleh ketiga moda transportasi merupakan getaran tanah yang berdampak bagi masyarakat yang ada di lingkungan sekitar moda transportasi. Dampak getaran dari moda transportasi ini perlu dikendalikan melalui regulasi yang ketat untuk kenyamanan dan kesehatan manusia serta menjaga integritas struktur bangunan di sekitar area operasi. Indonesia memiliki regulasi mengenai baku mutu getaran diatur dalam KepMenLH No. 49 Tahun 1996 tentang tingkat getaran akibat adanya sarana dan prasarana kegiatan manusia. Berbagai negara juga telah memiliki regulasi baku tingkat getaran transportasi yang terbaru seperti Jepang, Jerman, Australia dan lain-lain. Regulasi baku mutu getaran transportasi yang terbaru lebih komperhensif sehingga memungkinkan untuk mengendalikan dampak getaran dengan lebih efektif. Penelitian ini bertujuan mengulas regulasi baku mutu getaran di Indonesia akibat aktivitas moda transportasi dengan regulasi global baik tingkat nasional maupun internasional. Melalui analisis deskriptif komparatif, penelitian ini akan mengidentifikasi kekurangan dalam regulasi di Indonesia dan memberikan rekomendasi untuk perbaikan. Hasil dari penelitian ini adalah regulasi di Indonesia pada dasarnya memerlukan pembaruan untuk memastikan bahwa standar yang digunakan tetap relevan dan efektif dalam menghadapi tantangan getaran di masa depan. Namun, karena mayoritas negara di dunia masih menggunakan parameter getaran yang digunakan dalam KepMenLH No. 49, parameter ini masih cukup memadai.

**Kata kunci:** Getaran, Regulasi, Transportasi

## **1. PENDAHULUAN**

Transportasi adalah sarana untuk berpindah dari satu tempat ke tempat lain yang timbul akibat adanya kebutuhan ekonomi [1]. Moda transportasi terbagi menjadi tiga jenis utama, yaitu darat, laut, dan udara [2]. Namun, setiap moda transportasi, baik darat, laut, maupun udara, dapat menimbulkan dampak berupa getaran yang signifikan dapat mengganggu lingkungan sekitar [3]. Dampak getaran dari moda transportasi darat, seperti kereta api, bus, dan truk sangat signifikan terutama di daerah perkotaan yang padat penduduk [4]. Getaran ini dihasilkan dari interaksi antara roda dengan permukaan jalan atau rel yang dapat merambat melalui tanah dan struktur bangunan di sekitarnya [5]. Sementara itu, moda transportasi udara juga tidak terlepas dari masalah ini; getaran dihasilkan oleh pesawat di sisi darat; yakni ketika pesawat lepas landas dan ketika mendarat dapat menimbulkan gangguan bagi lingkungan sekitar [6]. Getaran ini dihasilkan dari getaran udara atau kebisingan yang menghasilkan getaran struktural dan/atau gemerincing benda di dalam rumah [5]. Begitu pula dengan moda transportasi laut, dimana kapal besar dan aktivitas pelabuhan dapat menghasilkan getaran yang merambat melalui air dan tanah [7]. Pada dasarnya, getaran yang diakibatkan oleh ketiga moda transportasi diatas merupakan getaran tanah yang berdampak masyarakat yang ada di lingkungan sekitar moda transportasi. Dampak getaran yang dirasakan oleh masyarakat disekitar moda transportasi yaitu pada umumnya seperti stres, gangguan tidur, dan potensi masalah kesehatan lainnya [8][9].

Getaran pada tanah adalah gelombang yang merambat melalui tanah karena adanya sumber energi [10], sumber getaran alami seperti gempa bumi dan sumber getaran buatan akibat aktivitas manusia [11]. Getaran ini terjadi pada lapisan elastis tanah, di mana partikel tanah mengalami tekanan di bawah batas kekuatannya, sehingga hanya menyebabkan deformasi dan perubahan volume sementara [11]. Besarnya getaran yang merambat pada tanah akan melemah seiring dengan bertambahnya jarak dari sumber energi [12]. Getaran yang merambat berbentuk gelombang tekan (gelombang P), gelombang geser (gelombang S), dan gelombang permukaan (gelombang Reylegh) [13]. Distribusi getaran secara heterogen antara lain, 7% berupa gelombang tekan, 26% gelombang geser, dan 67% berupa gelombang permukaan [14].

Dampak getaran dari moda transportasi ini perlu dikendalikan melalui regulasi yang ketat untuk kenyamanan dan kesehatan manusia, serta menjaga integritas struktur bangunan di sekitar area operasi. Di Indonesia, regulasi mengenai baku mutu getaran diatur dalam KepMenLH No. 49 Tahun 1996 tentang tingkat getaran akibat adanya sarana dan prasarana kegiatan manusia [12][15][16]. Namun, mengingat peraturan ini sudah berumur lebih dari dua dekade, ada kebutuhan mendesak untuk memperbaruinya agar sesuai dengan kemajuan teknologi transportasi dan standar internasional yang terus berubah. Peraturan tentang batas getaran yang disebabkan oleh alat transportasi merupakan bidang yang sangat kompleks dan dinamis; oleh karena itu, diperlukan perhatian khusus terhadap beberapa faktor penting seperti sumber getaran, teknik pengukuran, serta nilai ambang batas [4]. Oleh karena itu, peraturan yang ada harus selalu dievaluasi dan disesuaikan agar tetap efektif dalam melindungi manusia dan lingkungan sekitarnya.

Berbagai negara telah menetapkan pedoman untuk mengukur dan menganalisis getaran transportasi yang terbaru [17]. Beberapa negara juga memiliki regulasi baku mutu getaran transportasi yang lebih komprehensif sehingga memungkinkan untuk mengendalikan dampak getaran dengan lebih efektif [4]. Dengan adanya regulasi yang ketat, pemerintah dapat mengurangi resiko kerusakan struktural pada bangunan, mengurangi gangguan kenyamanan pada masyarakat sekitar, dan melindungi ekosistem dari dampak negatif getaran. Regulasi ini menjadi penting dalam konteks urbanisasi dan perkembangan infrastruktur transportasi hijau di banyak negara [18].

Penelitian ini bertujuan untuk mengulas posisi regulasi baku mutu getaran akibat aktivitas moda transportasi darat, laut, dan udara di Indonesia dengan regulasi yang ada di beberapa negara baik tingkat nasional maupun internasional. Melalui analisis deskriptif komparatif, penelitian ini akan mengidentifikasi kekurangan dalam regulasi di Indonesia dan memberikan rekomendasi untuk perbaikan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru bagi pembuat kebijakan dan pemangku kepentingan dalam upaya meningkatkan efektivitas regulasi baku mutu getaran di Indonesia.

## 2. METODE PENELITIAN

Metodologi untuk penelitian ini melibatkan pendekatan *Systematic Literatur Review* (SLR), SLR adalah proses yang dilakukan penulis untuk mencari berbagai sumber yang berhubungan dengan topik tertentu yang berupa jurnal, buku, artikel, atau dokumen yang relevan [19]. Metode SLR memungkinkan penulis untuk secara sistematis mengidentifikasi, menganalisis, mengevaluasi, dan menafsirkan atas semua hasil penelitian sebelumnya yang diperoleh [20]. Tujuan penggunaan metode ini adalah untuk mengetahui regulasi yang digunakan oleh para peneliti dalam mengevaluasi getaran akibat moda transportasi. Proses ini didasarkan pada konsep dasar dari alur kerja *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) [21]. Langkah kerja PRISMA terdiri dari beberapa tahapan utama, yang masing-masing memiliki peran penting dalam proses tinjauan sistematis [22], sebagai berikut.

**Perumusan masalah** : Rumusan masalah dalam artikel tinjauan ini adalah “Apakah regulasi baku mutu getaran di Indonesia masih bisa digunakan dalam penelitian terkait getaran akibat transportasi?”

**Pencarian literatur** : Pencarian literatur sistematis dilakukan dengan menggunakan database online yaitu Scopus dan Google Scholar. Istilah-istilah pencarian berikut ini digunakan: “transportasi”, “regulasi”, dan “getaran”.

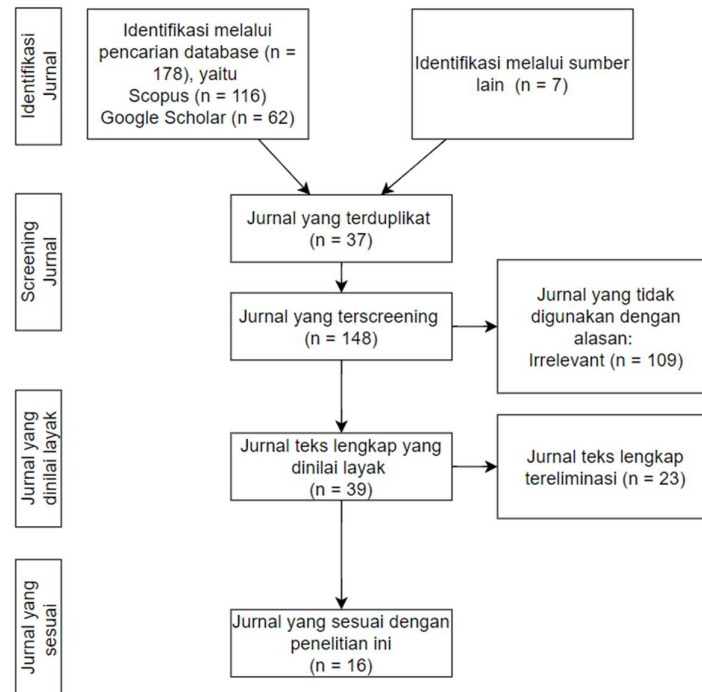
**Pemilihan artikel** : Artikel-artikel yang didapatkan akan disaring berdasarkan judul dan abstraknya, kemudian file dalam bentuk teks lengkap diperoleh untuk analisis lebih lanjut. Kriteria literatur yang digunakan adalah studi yang berfokus pada pengukuran dan analisis getaran transportasi, termasuk regulasi yang digunakan sebagai parameter getaran. Sedangkan kriteria literatur yang tidak digunakan adalah penelitian yang tidak relevan dengan topik, seperti penelitian terkait getaran pada pasien selama pemindahan antar rumah sakit.

**Ekstraksi dan sintesis data** : Data dipisahkan dan dikumpulkan dari artikel-artikel yang dipilih, termasuk informasi mengenai regulasi-regulasi baku mutu getaran global dan Indonesia agar mudah dipahami, diperbandingkan, dan dianalisis.

**Analisis dan interpretasi** : Data yang diperoleh dianalisis dan diinterpretasikan untuk mengidentifikasi tema dan pola umum. Rekomendasi untuk penelitian dan pengembangan di masa depan juga dibuat berdasarkan temuan-temuan tersebut.

**Penulisan dan publikasi :** Temuan-temuan tersebut disintesis ke dalam artikel tinjauan sistematis, yang ditulis sesuai dengan pedoman tinjauan sistematis. Makalah ini ditinjau dan direvisi oleh semua penulis untuk memastikan keakuratan dan kelengkapannya. Kemudian, artikel dipublikasikan melalui jurnal yang telah ditelaah oleh rekan sejawat.

Berikut merupakan diagram alir proses pencarian literatur, dengan 16 jurnal dipilih dari total 185 jurnal yang teridentifikasi sebagai berikut.

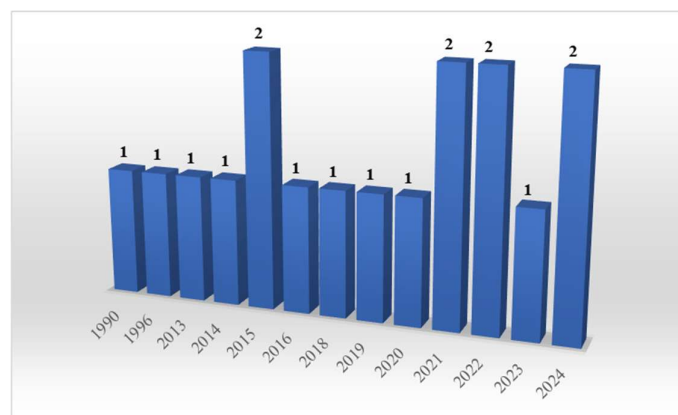


**Gambar 27.** Diagram Alir Proses Pencarian Literatur

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

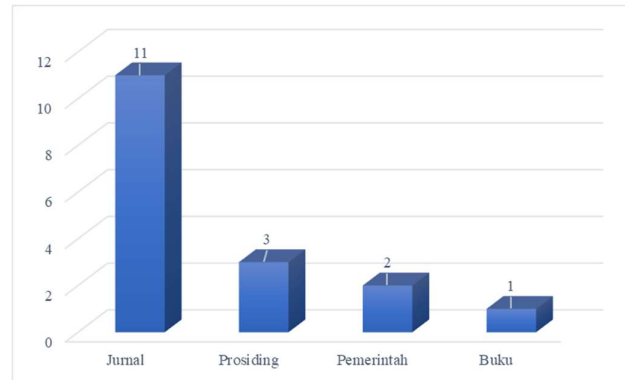
#### Deskripsi Tinjauan Literatur

Berdasarkan tinjauan literatur yang telah dipaparkan sebelumnya, bagian ini akan membahas temuan-temuan yang menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian. Pada **Gambar 2**. Literatur Berdasarkan Tahun Publikasi menunjukkan distribusi literatur berdasarkan tahun publikasi yang digunakan serta sesuai dengan penelitian ini. Gambar tersebut menunjukkan bahwa, sebesar 52,94% literatur tentang pokok bahasan diterbitkan dalam 5 tahun terakhir yaitu rentang tahun antara 2019 hingga 2024. Sedangkan sebesar 29,41% literatur diterbitkan dalam rentang tahun antara 2014 hingga 2018, dan 17,65% sisanya diterbitkan pada tahun 2013, 1996, dan 1990.



**Gambar 28.** Literatur Berdasarkan Tahun Publikasi

**Gambar 3.** Literatur Berdasarkan Sumber Publikasi menunjukkan distribusi literatur berdasarkan sumber kutipan publikasi yang digunakan dalam penelitian ini. Gambar tersebut menunjukkan bahwa sumber publikasi mayoritas berasal dari jurnal, dengan rincian 64,71% jurnal, 17,65% prosiding, 11,76% peraturan pemerintah, dan 5,88% buku.



**Gambar 29.** Literatur Berdasarkan Sumber Publikasi

### Regulasi Baku Mutu Getaran Global Dan Indonesia

Getaran transportasi merupakan faktor signifikan yang memengaruhi lingkungan, infrastruktur, dan kesehatan manusia. Banyak negara telah menerapkan peraturan dan pedoman untuk mengatur dan meminimalkan dampak getaran transportasi. Regulasi tentang pengukuran dan analisis getaran transportasi berbeda-beda di setiap negara dan didasarkan pada standar tertentu. Artikel ini memberikan gambaran umum tentang standar yang digunakan di beberapa negara untuk mengukur dan menganalisis getaran transportasi. Berikut merupakan regulasi dari beberapa negara tentang getaran akibat transportasi pada **Tabel 1**.

**Tabel 2.** Regulasi Baku Mutu Getaran Global dan Indonesia

No.	Negara	Objek Riset	Tahun Standar	Standar
1.	Indonesia	Semua moda transportasi	1996	KepMenLH No. 49 [23]
2.	Turki	Kereta	2005	Turkish Environmental Noise Regulation [24]
3.	Jerman	Kereta	2016	DIN 4150-2/3 ; Human Exposure to Vibration in Bulding/Effect of Vibration on Structures [25]
4.	Italia	Kereta	2017	Ente Nazionale Italiano di Unificazione UNI 9916 [26]
5.	Brazil	Truk	2014	Lampiran 8 dari NR-15 Regulatory Standard dan NHO-09 (Occupation Hygiene Standard) [27]
6.	China	Kereta Api Perkotaan	2008	Technical Specification for Protection of Historic Building Against Man-Made Vibration GB/T50452-2008 [28]
7.	Jepang	Semua moda transportasi	2016	JIS A 4652-1 ; Japanese Standard Association [17]
8.	Australia	Semua moda transportasi	1990	Australian Standard AS 2670.2 [29]
9.	Malaysia	Light Rapid Transit	1997	ISO 2631 (1997) standar untuk getaran yang dapat diterima oleh manusia [30]
10.	Swiss	Kereta	1992	Swiss Standard SN 640-312 A Standar getaran pada bangunan [31][32]
11.	Inggris	Semua moda transportasi	1987	British Standard BS 6841 [33]
12.	Spanyol	Kereta	2007	Real Decreto 1307 [34]
13.	Austria	Kereta	2010	ÖNORM S 9012 [34]

Regulasi mengenai baku tingkat getaran telah mengalami perkembangan seiring dengan meningkatnya kesadaran akan dampak getaran terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. **Tabel 1**. menunjukkan bahwa berbagai negara

di dunia sudah memiliki standar mengenai baku tingkat getaran. Regulasi pada beberapa negara didasarkan pada standar internasional yaitu International Organization for Standardization (ISO) mengenai standar untuk getaran yang dapat diterima oleh manusia [4][27]. Seiring dengan berkembangnya bidang pengukuran dan analisis getaran, diantisipasi bahwa pedoman dan standar baru pada ISO akan dikembangkan dengan mempertimbangkan hasil penelitian terbaru dan kemajuan teknologi [4].

Ditinjau dari kajian literatur yang sudah dilakukan, terlihat bahwa objek yang paling banyak diteliti dalam konteks regulasi getaran adalah kereta api. Hal ini disebabkan oleh pengaruh signifikan yang ditimbulkan oleh aktivitas kereta api terhadap lingkungan sekitar [35], termasuk terhadap struktur bangunan dan kenyamanan masyarakat [36]. Penelitian mengenai getaran akibat kereta api menjadi penting karena tingginya intensitas dan frekuensi getaran yang dihasilkan, terutama di daerah perkotaan dengan kepadatan penduduk yang tinggi.

Jika ditinjau dari sisi regulasi, terdapat perbedaan tingkat pembaruan regulasi di berbagai negara. Sebagai contoh, lima negara yaitu Jepang, Australia, Malaysia, Swiss, dan Inggris tidak melakukan pembaruan regulasi dalam beberapa dekade, sama halnya dengan regulasi di Indonesia. Australia, dengan standar AS 2670 tahun 1990, belum mengalami pembaruan, namun dalam regulasi ini sudah mengatur batasan getaran yang dapat diterima oleh manusia ditentukan dengan posisi berdiri, duduk, ataupun berbaring serta memberikan panduan tentang evaluasi getaran di tempat kerja dan lingkungan perumahan [29]. AS 2670 juga mengatur batasan getaran yang ditimbulkan oleh moda transportasi yang berbeda-beda [17]. Namun di sisi lain, regulasi di delapan negara seperti Turki, Jerman, Italia, Brazil, China, Spanyol, dan Austria telah mengalami pembaruan untuk menyesuaikan dengan perkembangan teknologi dan meningkatkan pemahaman akan dampak getaran. Jerman dengan standar DIN 4150 tahun 1999 yang tidak hanya mengatur tingkat getaran pada bangunan tetapi juga memasukkan pedoman khusus untuk perlindungan manusia [25]. DIN 4150 telah mengalami tiga kali pembaruan, yaitu yang pertama pada tahun 1986, kedua pada tahun 1999, dan terakhir pada tahun 2016 [15]. Demikian pula, Jepang memiliki standar JIS A 4652-1 (Japanese Industrial Standards) tahun 2016 yang mencakup pengukuran dan analisis getaran secara detail serta mempertimbangkan dampak kumulatif dari getaran [37][17]. Regulasi-regulasi yang lebih baru cenderung lebih komprehensif, mencakup berbagai aspek seperti perlindungan struktur bangunan, lingkungan, serta kenyamanan manusia.

Salah satu regulasi pertama di Indonesia yang berfokus pada pengendalian getaran adalah KepMenLH No. 49 tahun 1996 tentang baku tingkat getaran. Regulasi ini menetapkan batasan untuk tingkat getaran yang diizinkan pada bangunan dan lingkungan, dengan kategori yang didasarkan pada jenis bangunan dan tujuan penggunaannya [23]. Namun, sejak diterbitkan pada tahun 1996, KepMenLH No. 49 belum mengalami pembaruan mengingat ada perbedaan rentang frekuensi dominan bagi beberapa jenis pengukuran tingkat getaran [15]. KepMenLH No. 49 juga kurang dalam memberikan panduan teknis yang rinci tentang metode pengukuran getaran [15]. Dilihat dari tingkat pembaruan regulasi, pada dasarnya regulasi di Indonesia memerlukan pembaruan untuk memastikan bahwa standar yang digunakan tetap relevan dan efektif dalam menghadapi tantangan getaran di masa depan.

### Standar Frekuensi Getaran Global Dan Indonesia

Setiap regulasi baku mutu getaran Regulasi disusun untuk memastikan bahwa getaran yang dihasilkan dari berbagai sumber, seperti aktivitas industri atau transportasi, tidak melebihi batas aman bagi manusia dan lingkungan. **Tabel 2.** menunjukkan standar frekuensi getaran yang diizinkan di berbagai negara sesuai dengan regulasi masing-masing.

**Tabel 3.** Standar Frekuensi Getaran Global dan Indonesia

No.	Sitasi	Negara	Tahun Standar	Parameter getaran	Standar Frekuensi Getaran
1.	[23]	Indonesia	1996	Kecepatan getaran	10 mm/s
2.	[33]	Inggris	1987	Percepatan getaran	0,09 m/s <sup>2</sup> (pada 100 Hz)
3.	[38]	Slovenia	1986	Kecepatan getaran	26 mm/s
4.	[17]	Jepang	2016	Kecepatan getaran	10 m/s
5.	[39]	Jerman	2016	Kecepatan getaran	15 mm/s
6.	[26]	Italia	2017	Kecepatan getaran	20 mm/s (pada 15 Hz)
7.	[40]	Amerika	1981	Kecepatan getaran	0,2 – 0,3 inch/s
8.	[40]	Swiss	1992	Kecepatan getaran	0,7 inch/s
9.	[17]	Australia	1990	Kecepatan getaran	5 mm/s
10.	[41]	Kazakhstan	2021	Kecepatan getaran	0,18 m/s

Regulasi getaran jika ditinjau dari parameter yang digunakan pada **Tabel 2.** mayoritas menggunakan kecepatan getaran dengan satuan mm/s, m/s, atau inch/s. Sedangkan parameter regulasi getaran yang digunakan oleh Inggris yaitu percepatan getaran. Percepatan getaran biasa digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi secara kontinu atau tidak terputus selama periode waktu tertentu atau getaran dengan perbedaan intensitas yang tinggi [29].

Sedangkan getaran akibat transportasi seperti kereta merupakan getaran yang terputus-putus (*intermitten*) [29], sehingga regulasi tentang getaran akibat aktivitas transportasi di beberapa negara akan lebih tepat jika diukur dalam parameter kecepatan getaran. Parameter kecepatan getaran yang digunakan Indonesia pada KepmenLH No. 49 masih cukup memadai karena parameter ini juga masih digunakan oleh mayoritas negara di dunia.

Standar frekuensi getaran yang ditetapkan dalam setiap regulasi baku mutu getaran di berbagai negara memiliki perbedaan jangkauan. Hal tersebut membuktikan bahwa terdapat pengaruh lain yang dapat memengaruhi kerusakan struktur bangunan dan kenyamanan manusia. Penetapan standar frekuensi getaran di setiap negara dipengaruhi oleh adanya kondisi geologi serta kebutuhan suatu negara yang berbeda-beda [15].

#### 4. KESIMPULAN

KepMenLH No. 49 tahun 1996 merupakan langkah awal yang penting dalam pengelolaan getaran di Indonesia. Pada dasarnya regulasi di Indonesia memerlukan pembaruan untuk memastikan bahwa standar yang digunakan tetap relevan dan efektif dalam menghadapi tantangan getaran di masa depan. Namun, karena mayoritas negara di dunia masih menggunakan parameter getaran yang digunakan dalam KepMenLH No. 49, parameter ini masih cukup memadai.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Handayani, U. Ubaidillah, Dan W. F. Adzim, "Pengaruh Timbunan Jalan Rel Terhadap Tingkat Kebisingan Aktivitas Kereta Api," *Matriks Tek. Sipil*, Vol. 11, No. 4, Hal. 449, 2024, Doi: 10.20961/Mateksi.V11i4.76330.
- [2] Y. Kurnia Dan E. Aristriyana, "Pemilihan Moda Transportasi Untuk Meminimalisasikan Biaya Kirim Produk Pada Ikm Kerupuk Idaman Di Handapherang Kabupaten Ciamis," *J. Media Teknol.*, Vol. 9, No. 1, Hal. 105–115, 2022, Doi: 10.25157/Jmt.V9i1.2790.
- [3] B. Sarasati, U. Bhayangkara, Dan J. Raya, *Sektor Sosial Dan Budaya Pengaruh Aksesibilitas Pada Perubahan Sosial Di Daerah Marginal Kampung Sungai Labuh*, No. November 2021. 2022.
- [4] D. Khan Dan R. Burdzik, "Measurement And Analysis Of Transport Noise And Vibration: A Review Of Techniques, Case Studies, And Future Directions," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, Vol. 220, No. April, 2023, Doi: 10.1016/J.Measurement.2023.113354.
- [5] O. Hunaidi, "Traffic Vibrations In Buildings," *Constr. Technol. Updat.*, Vol. 39, No. Figure 2, Hal. 1–6, 2000, [Daring]. Tersedia Pada: [https://www.nrc-cnrc.gc.ca/ctu-sc/files/doc/ctu-sc/ctu-n39\\_eng.pdf](https://www.nrc-cnrc.gc.ca/ctu-sc/files/doc/ctu-sc/ctu-n39_eng.pdf).
- [6] R. Cawthorn, J. Dempsey, T. And Deloach, "Human Response To Aircraft-Noise-Induced Bulding Vibration," No. Aircraft Noise Induced Building Vibration, Hal. 479–491, 1978.
- [7] A. S. Alamoush, F. Ballini, Dan A. I. Ölçer, *Revisiting Port Sustainability As A Foundation For The Implementation Of The United Nations Sustainable Development Goals (Un Sdgs)*, Vol. 6, No. 1. Springer Singapore, 2021.
- [8] F. A. Alfira, K. Khambali, S. Suprijandani, Dan E. Sari, "Analysis Of Train Vibration And Noise On Population Subjective Complaints," *J. Kesehat. Masy.*, Vol. 11, No. 1, Hal. 96–101, 2023, Doi: 10.14710/Jkm.V11i1.36204.
- [9] L. Maclachlan, M. Ögren, E. Van Kempen, L. Hussain-Alkhateeb, Dan K. P. Waye, "Annoyance In Response To Vibrations From Railways," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, Vol. 15, No. 9, 2018, Doi: 10.3390/Ijerp15091887.
- [10] S. Cahyadi, R., Toha, T., And Komar, "Analisis Korelasi Scaled Distance Terhadap Getaran Tanah Pada Operasi Peledakan Batu Kapur Pt. Semen Baturaja ( Persero )," *J. Tek. Patra Akad.*, Vol. 08, No. 02, Hal. 26–38, 2020, [Daring]. Tersedia Pada: [File:///C:/Users/Asus/Appdata/Local/Packages/Microsoft.Microsoftedge\\_8wekyb3d8bbwe/Tempstate/Downloads/51-Article Text-69-1-10-20180831 \(2\).Pdf](File:///C:/Users/Asus/Appdata/Local/Packages/Microsoft.Microsoftedge_8wekyb3d8bbwe/Tempstate/Downloads/51-Article Text-69-1-10-20180831 (2).Pdf).
- [11] R. Maryura, M. Toha, Dan D. Sudarmono, "Kajian Pengurangan Tingkat Getaran Tanah ( Ground Vibration Level ) Pada Operasi Peledakan Interburden B2-C Tambang Batubara Air Laya Pt. Bukit Asam ( Persero ), Tbk Tanjung Enim," *J. Ilmu Tek. Sriwij.*, Vol. 2, No. 1, Hal. 103329, 2014.
- [12] L. S. Adhidhuto, R. Muhammad, J. Kurniawan, P. Santosa, Dan A. Priyanto, "Lintas Response Of Mendut Temple Structure To Traffic Vibration Landasan Teori," Vol. 15, Hal. 35–51, 2021.
- [13] H. Xia, Y. Cao, R. De Guido, Dan D. Geert, "Environmental Problems Of Vibrations Induced By Railway Traffic," *Front. Archit. Civ. Eng. China*, Vol. 1, No. 2, Hal. 142–152, 2007, Doi: 10.1007/S11709-007-0015-1.
- [14] J. Cardona, J. Romeu, R. Arcos, Dan A. Balastegui, "A Ground-Borne Vibration Assessment Model For Rail Systems At-Grade," *39th Int. Congr. Noise Control Eng. 2010, Inter-Noise 2010*, Vol. 4, Hal. 3154–3163, 2010.

- [15] B. Purwanto, Zulfachmi Zulfachmi, Dan P. Budi Purwaka, "Pengukuran Getaran Mekanik Berdasarkan Jenis Bangunan," *J. Ecolab*, Vol. 16, No. 1, Hal. 31–38, 2022, Doi: 10.20886/Jklh.2022.16.1.31-38.
- [16] A. Sunandar Dan S. Y. Mulyani, "Evaluasi Pengaruh Getaran Kendaraan Truk Dan Variasi Jarak Terhadap Kerusakan Bangunan," *J. Ilm. Rekayasa Sipil*, Vol. 14, No. 2, Hal. 11–19, 2017, Doi: 10.30630/Jirs.14.2.102.
- [17] D. Khan Dan R. Burdzik, "A Review On Different Regulation For The Measurement Of Transport Noise And Vibration," *J. Meas. Eng.*, Vol. 11, No. 2, Hal. 196–213, 2023, Doi: 10.21595/Jme.2023.23279.
- [18] S. Rizky Juda Putra Hidayat, "Perencanaan Pembangunan Infrastruktur Yang Berkelanjutan Sebuah Kajian Pustaka Terstruktur ( Systematic Literature Review ) Yang Didorong Dengan Inovasi . Kualitas Infrastruktur Yang Buruk Berarti Akan Memerlukan Kompromi Dari Generasi Yang Akan Datang Me," *Kybernan J. Stud. Kepemerintahan*, Vol. 4, No. 2, Hal. 110–128, 2021.
- [19] R. Suryaningsih Dan Usiono, "Slr : Efektivitas Edukasi Cuci Tangan Pakai Sabun Pada Anak Sekolah Dasar," *J. Pendidik. Tambusai*, Vol. 7, No. 3, Hal. 27690–27696, 2023.
- [20] Raden Soebartika Dan Ida Rindaningsih, "Systematic Literature Review (Slr): Implementasi Sistem Kompensasi Dan Penghargaan Terhadap Kinerja Guru Sd Muhammadiyah Sidoarjo," *Mamen J. Manaj.*, Vol. 2, No. 1, Hal. 171–185, 2023, Doi: 10.55123/Mamen.V2i1.1630.
- [21] M. J. Page *Et Al.*, "The Prisma 2020 Statement: An Updated Guideline For Reporting Systematic Reviews," *Bmj*, Vol. 372, 2021, Doi: 10.1136/Bmj.N71.
- [22] E. Suhartono, "Systematic Literatur Review ( Slr ): Metode , Manfaat , Dan Tantangan Learning Analytics Dengan Metode Data Mining Di Dunia Pendidikan Tinggi," *J. Ilm. Infokam*, Vol. 13, No. 1, Hal. 73–86, 2017, [Daring]. Tersedia Pada: [Http://Amikjtc.Com/Jurnal/Index.Php/Jurnal/Article/View/123](http://Amikjtc.Com/Jurnal/Index.Php/Jurnal/Article/View/123).
- [23] P. L. No.49, "Baku Mutu Tingkat Getaran," *Program*, No. 15, 1996.
- [24] S. Alan Dan M. Caliskan, "Prediction And Assessment Of Environmental Vibrations From Railway Operations On Marmaray," *Proc. Meet. Acoust.*, Vol. 21, No. 1, 2014, Doi: 10.1121/1.4884780.
- [25] S. Ates, E. Celebi, O. Kirtel, A. C. Zulfikar, Dan F. Goktepe, "Measurement Of Vibrations Generated By High Speed Railway Traffic And Evaluation According To International Norms," *Iop Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, Vol. 800, No. 1, 2020, Doi: 10.1088/1757-899x/800/1/012005.
- [26] R. M. Azzara, S. Galassi, S. Garuglieri, M. Paradiso, Dan M. Tanganelli, "Analysis Of Vibrations Recorded Inside The Cemetery Area Of Incisa, Central Italy," *Case Stud. Constr. Mater.*, Vol. 15, No. June, Hal. E00623, 2021, Doi: 10.1016/J.Cscm.2021.E00623.
- [27] J. G. Picoral Filho, M. Fedatto Neto, J. P. R. Quintas, Dan H. M. Gomes, "Case Study On Vibration Health Risk And Comfort Levels In Loading Crane Trucks," *Int. J. Health Plann. Manage.*, Vol. 34, No. 4, Hal. E1448–E1463, 2019, Doi: 10.1002/Hpm.2808.
- [28] W. Liu, M. Ma, W. Liu, X. Sun, Dan F. Sun, "Overview On Current Research Of Environmental Vibration Influence Induced By Urban Mass Transit In China," *Zhongguo Kexue Jishu Kexue/Scientia Sin. Technol.*, Vol. 46, No. 6, Hal. 547–559, 2016, Doi: 10.1360/N092015-00334.
- [29] "Australian Standard @ Evaluation Of Human Exposure To Whole-Body Vibration Part 2 : Continuous And Shock- Induced Vibration In Buildings," 1990.
- [30] J. Azlis-Sani *Et Al.*, "Evaluation Of Whole Body Vibration And Back Pain Problem Among Light Rapid Transit (Lrt) Drivers," *Appl. Mech. Mater.*, Vol. 773–774, Hal. 845–849, 2015, Doi: 10.4028/Www.Scientific.Net/Amm.773-774.845.
- [31] S. Ouakka, O. Verlinden, Dan G. Kouroussis, "Railway Ground Vibration And Mitigation Measures: Benchmarking Of Best Practices," *Railw. Eng. Sci.*, Vol. 30, No. 1, 2022, Doi: 10.1007/S40534-021-00264-9.
- [32] G. Kouroussis, J. Florentin, C. Conti, O. Verlinden, Dan D. P. Connolly, "Building Vibrations Induced By Railways: An Analysis Of Commonly Used Evaluation Standards," *21st Int. Congr. Sound Vib. 2014, Icsv 2014*, Vol. 1, Hal. 375–382, 2014.
- [33] A. Trollé, C. Marquis-Favre, Dan É. Parizet, "Perception And Annoyance Due To Vibrations In Dwellings Generated From Ground Transportation: A Review," *J. Low Freq. Noise Vib. Act. Control*, Vol. 34, No. 4, Hal. 413–458, 2015, Doi: 10.1260/0263-0923.34.4.413.
- [34] M. Vasheghani, J. Sadeghi, Dan A. Khajehdezfuly, "Legal Consequences Of Train-Induced Structure Borne Noise And Vibration In Residential Buildings," *Noise Mapp.*, Vol. 9, No. 1, Hal. 170–188, 2022, Doi: 10.1515/Noise-2022-0156.
- [35] I. Tobing, F. Alami, Dan A. Siregar, "Pengaruh Getaran Kereta Api Terhadap Bangunan Sekitar Jalur Rel Kereta Api Natar-Panjang Di Bandar Lampung," Vol. 26, No. 2, Hal. 1–5, 2023, Doi: [Https://Doi.Org/10.23960/Rekrjits.V27i3.83](https://Doi.Org/10.23960/Rekrjits.V27i3.83).
- [36] A. Margiantono Dan H. S. Pudjiharjo, "Tingkat Getaran Yang Disebabkan Kereta Api Pada Saat Melintas Di Daerah Sekitar Jalan Kereta Api," *Pros. Semin. Nas. Masif Ii*, Hal. 201–206, 2016.
- [37] T. Morihara, S. Yokoshima, Dan Y. Matsumoto, "Effects Of Noise And Vibration Due To The Hokuriku Shinkansen Railway On The Living Environment: A Socio-Acoustic Survey One Year After The Opening,"

- Int. J. Environ. Res. Public Health*, Vol. 18, No. 15, 2021, Doi: 10.3390/Ijerp18157794.
- [38] V. Jovičić, B. Volk, Dan J. Logar, “Conditions For The Sustainable Development Of Underground Transport In The Ljubljana Basin,” *Sustain.*, Vol. 10, No. 9, 2018, Doi: 10.3390/Su10092971.
- [39] E. Çelebi *Et Al.*, “High-Speed Train Induced Environmental Vibrations: Experimental Study On Isolation Efficiency Of Recyclable In-Filling Materials For Thin-Walled Hollow Wave Barrier,” *Eng. Struct.*, Vol. 312, No. April, 2024, Doi: 10.1016/J.Engstruct.2024.118207.
- [40] W. L. Andrews, Jim.; Buehler, David.; Gill, Harjodh.; Bender, “Transportation And Construction Vibration Guidance Manual,” *Calif. Calif. Dep. Transp.*, Vol. 415, No. September, Hal. 29–79, 2013.
- [41] T. Sergey, A. Shamil, I. Aizhan, Dan B. Lalita, “Analysis Of Regulative Documents In The Field Of Human Vibration Safety,” Hal. 53–59, 2024, Doi: 10.21595/Vp.2024.23950.