

MANAJEMEN RISIKO PAPARAN GETARAN MEKANIS ALAT KONSTRUKSI TERHADAP BANGUNAN SEKITAR

Didit Darmawan¹⁾, Max Biaggie Araya Kautsar²⁾, Putri Syafa Az-Zahra³⁾,
Rahayu Mardikaningsih¹⁾, Mohammad Djaelani³⁾

Manajemen, Fakultas Ekonomi – Universitas Sunan Giri Surabaya¹⁾

E-mail : dr.diditdarmawan@gmail.com

Teknik Mesin, Fakultas Teknik – Universitas Sunan Giri Surabaya²⁾

E-mail : maxbiaggiearayakautsar@gmail.com

Teknik Sipil, Fakultas Teknik – Universitas Sunan Giri Surabaya³⁾

E-mail : psyafa40@gmail.com

ABSTRAK

Pengoperasian alat berat di lokasi konstruksi menghasilkan kebisingan dan getaran mekanis yang merambat melalui tanah dan memengaruhi bangunan serta komunitas di sekitarnya. Studi literatur kualitatif ini meneliti pendekatan manajemen risiko untuk paparan kebisingan dan getaran dari mesin konstruksi. Sumber kebisingan meliputi mesin diesel, sistem hidrolik, dan benturan bucket dengan material keras. Getaran berasal dari pemancangan tiang, pemadatan tanah, dan pergerakan kendaraan beroda rantai. Metode pengukuran menggunakan pengukur tingkat suara dan akselerometer memerlukan kalibrasi dan penempatan sensor yang tepat. Langkah-langkah pengendalian di sumbernya meliputi pemilihan peralatan yang lebih tenang, perawatan knalpot secara berkala, dan pemancangan tiang hidrolik sebagai pengganti palu diesel. Pengendalian jalur meliputi penghalang kebisingan, penggalian parit, dan pengaturan jarak. Pengendalian penerima meliputi pelindung telinga untuk pekerja dan kaca ganda untuk tempat tinggal di dekatnya. Pemantauan berkelanjutan dengan sensor nirkabel memungkinkan peringatan pelanggaran secara real time dan tindakan korektif yang cepat.

Kata Kunci : paparan kebisingan, getaran mekanis, alat berat, kerusakan bangunan, gangguan masyarakat.

ABSTRACT

Heavy equipment operation on construction sites generates noise and mechanical vibration that propagate through soil and affect nearby buildings and communities. This qualitative literature study examines risk management approaches for noise and vibration exposure from construction machinery. Noise sources include diesel engines, hydraulic systems, and bucket impacts with hard materials. Vibration originates from pile driving, soil compaction, and tracked vehicle movement. Measurement methods using sound level meters and accelerometers require proper calibration and sensor placement. Control measures at the source include selecting quieter equipment, regular exhaust maintenance, and hydraulic pile drivers instead of diesel hammers. Path controls involve noise barriers, trench cutting, and distance arrangement. Receiver controls comprise hearing protection for workers and double glazing for nearby residences. Continuous monitoring with wireless sensors enables real time violation alerts and prompt corrective actions.

Keywords: noise exposure, mechanical vibration, heavy equipment, building damage, community disturbance.

I. PENDAHULUAN

Proyek konstruksi selalu melibatkan pengoperasian alat berat seperti excavator, bulldozer, dump truck, serta pile driver yang menghasilkan kebisingan dan getaran mekanis. Kebisingan berasal dari pembakaran mesin, gesekan komponen mekanis, serta benturan bucket dengan material. Getaran mekanis menjalar melalui tanah dan struktur bangunan

sekitarnya. Intensitas kebisingan di lokasi proyek dapat mencapai 90 hingga 110 desibel jauh di atas ambang batas aman untuk pendengaran manusia. Getaran yang dihasilkan oleh pemancangan tiang atau pemadatan tanah memiliki frekuensi rendah yang dapat merambat hingga radius ratusan meter. Dampak dari paparan ini tidak terbatas pada pekerja di lokasi proyek tetapi juga masyarakat yang tinggal di sekitar area konstruksi. Bangunan tua di sekitar

proyek berisiko mengalami retak struktur akibat getaran berulang. Lingkungan sekitar seperti saluran air dan pepohonan juga dapat terganggu oleh getaran yang terus menerus. Oleh karena itu, pengelolaan risiko kebisingan dan getaran menjadi bagian penting dari perencanaan proyek konstruksi (Davis, 2023).

Standar nasional tentang ambang batas kebisingan dan getaran untuk proyek konstruksi telah diatur dalam peraturan perundang-undangan. Peraturan Menteri Tenaga Kerja menetapkan nilai ambang batas kebisingan di tempat kerja sebesar 85 desibel untuk durasi delapan jam per hari. Untuk getaran, standar mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup tentang tingkat getaran yang diperbolehkan untuk kegiatan konstruksi di kawasan permukiman. Pengukuran kebisingan dilakukan menggunakan sound level meter yang ditempatkan pada beberapa titik di sekitar batas lokasi proyek. Pengukuran getaran menggunakan alat seismometer atau accelerometer yang dipasang pada struktur bangunan terdekat. Hasil pengukuran dibandingkan dengan standar untuk menentukan apakah diperlukan tindakan pengendalian. Proyek proyek besar biasanya menyertakan dokumen rencana pengelolaan kebisingan dan getaran sebagai bagian dari analisis mengenai dampak lingkungan. Namun kepatuhan terhadap dokumen tersebut di lapangan sering kali tidak optimal karena keterbatasan biaya dan pengawasan (Utepov *et al.*, 2024).

Jenis alat berat yang berbeda menghasilkan profil kebisingan dan getaran yang berbeda pula. Pemancang tiang hidrolik menghasilkan getaran dengan amplitudo besar namun frekuensi rendah yang energinya merambat jauh melalui tanah. Excavator yang menggali tanah berbatu menghasilkan kebisingan impulsif yang tidak kontinyu namun dapat mengganggu konsentrasi pekerja. Bulldozer yang meratakan lahan mengeluarkan suara mesin dengan nada rendah yang konstan selama jam kerja. Dump truck yang melintas di jalan beraspal menggetarkan permukaan jalan dan bangunan di sekitarnya. Compactor atau mesin gilas menghasilkan getaran yang dirancang untuk memadatkan tanah tetapi berdampak juga pada struktur di sekitarnya. Setiap jenis alat berat memerlukan pendekatan pengendalian yang spesifik sesuai karakteristik risikonya. Kontraktor perlu mengidentifikasi alat berat dominan dalam proyek untuk memprioritaskan upaya pengendalian. Penggunaan beberapa alat berat secara simultan dapat menghasilkan efek

akumulatif yang sulit diprediksi (Rodríguez & Bascompta, 2020).

Getaran dari aktivitas konstruksi dapat merambat melalui media tanah dengan kecepatan yang bervariasi tergantung jenis tanah. Tanah lunak seperti lempung atau gambut meredam getaran lebih cepat namun amplitudonya lebih besar pada jarak dekat. Tanah keras seperti batu pasir atau granit menghantarkan getaran lebih jauh namun dengan amplitudo yang lebih kecil. Keberadaan muka air tanah juga mempengaruhi perambatan gelombang getaran karena air bertindak sebagai media perambatan yang efektif. Getaran yang mencapai bangunan akan menggetarkan dinding, lantai, dan pondasi dengan frekuensi yang dapat menyebabkan resonansi. Resonansi terjadi ketika frekuensi getaran tanah sama dengan frekuensi alami bangunan sehingga amplitudo getaran di dalam bangunan membesar. Bangunan tua dengan struktur kayu atau bata merah tanpa tulangan sangat rentan terhadap kerusakan akibat getaran. Retak rambut pada dinding dapat melebar menjadi retak struktural jika paparan getaran berlangsung lama. Kerusakan non struktural seperti pecahnya kaca jendela atau lepasnya plafon juga perlu diperhitungkan (Ouis, 2024).

Paparan kebisingan kronis pada pekerja konstruksi dapat menyebabkan gangguan pendengaran permanen yang tidak dapat disembuhkan. Proses kerusakan terjadi secara bertahap dimulai dari penurunan sensitivitas terhadap suara frekuensi tinggi. Pekerja yang terpapar kebisingan di atas 85 desibel selama bertahun-tahun akan mengalami presbycusis atau ketulian dini. Selain gangguan pendengaran, kebisingan juga menyebabkan stres, peningkatan tekanan darah, serta gangguan tidur bagi pekerja shift malam (Akosile *et al.*, 2025). Masyarakat yang tinggal di sekitar proyek dengan durasi panjang seperti pembangunan jalan tol atau bandara berisiko mengalami keluhan serupa. Anak-anak dan lansia merupakan kelompok paling rentan terhadap dampak kebisingan karena sistem pendengaran mereka yang lebih sensitif. Getaran yang dirasakan sebagai guncangan ringan sekalipun dapat menimbulkan kecemasan dan perasaan tidak aman pada warga. Keluhan masyarakat sering disampaikan melalui perangkat desa atau langsung ke kontraktor pelaksana. Konflik sosial dapat muncul jika pengelola proyek tidak responsif terhadap keluhan warga. Aspek kebisingan dan getaran seharusnya mendapat perhatian yang setara dengan aspek keselamatan kerja.

Permasalahan utama dalam manajemen risiko paparan kebisingan adalah ketidakakuratan pengukuran yang sering terjadi di lapangan. Sound level meter standar mengukur kebisingan rata-rata dalam periode waktu tertentu namun tidak menangkap puncak kebisingan impulsif. Suara bentukan bucket dengan batu dapat mencapai 120 desibel dalam sepersekian detik tetapi tidak tercatat dalam pengukuran Leq harian. Pengukuran yang tidak akurat menyebabkan perancangan alat pelindung diri menjadi tidak tepat sasaran. Pekerja di dekat sumber impulsif memerlukan pelindung telinga dengan peredaman lebih tinggi dibanding pekerja di area yang kebisingannya konstan. Penempatan titik pengukuran juga sering tidak mewakili area kerja yang sebenarnya karena keterbatasan jumlah alat ukur. Pengukuran getaran menghadapi masalah serupa karena titik pemasangan sensor sangat mempengaruhi hasil bacaan. Sensor yang dipasang pada lantai basement akan membaca getaran yang berbeda dengan sensor di lantai dasar. Kurangnya tenaga terlatih yang mampu mengoperasikan alat ukur kebisingan dan getaran juga menjadi kendala di proyek kecil. Sertifikasi kompetensi pengukur kebisingan belum menjadi keharusan sehingga kualitas data sangat bervariasi.

Permasalahan kedua menyangkut lemahnya sanksi terhadap pelanggaran baku mutu kebisingan dan getaran di Indonesia. Regulasi yang ada lebih banyak bersifat imbauan daripada kewajiban yang dapat dipaksakan. Denda administratif yang dikenakan sangat kecil dibandingkan biaya yang harus dikeluarkan untuk melakukan pengendalian. Proyek pemerintah sering dikecualikan dari sanksi karena dianggap melaksanakan pembangunan untuk kepentingan publik. Pengaduan masyarakat tentang kebisingan dan getaran jarang ditindaklanjuti oleh instansi terkait karena dianggap sebagai gangguan sementara. Pengukuran ulang untuk membuktikan pelanggaran memerlukan biaya yang tidak sedikit dan waktu yang panjang. Tidak adanya database nasional tentang keluhan kebisingan konstruksi membuat pola pelanggaran sulit diidentifikasi. Kontraktor yang melanggar baku mutu di satu proyek dapat dengan mudah memenangkan tender di proyek lain. Sistem peringkat kontraktor belum memasukkan aspek pengelolaan kebisingan sebagai indikator penilaian. Kondisi ini mendorong perilaku tidak patuh karena risiko hukum yang sangat rendah dibandingkan potensi penghematan biaya.

Kebutuhan untuk menyusun kerangka manajemen risiko kebisingan dan getaran yang komprehensif menjadi semakin mendesak seiring dengan urbanisasi yang pesat. Proyek konstruksi kini banyak berlokasi di tengah pemukiman padat penduduk yang sebelumnya merupakan lahan pertanian atau kosong. Jarak antara lokasi proyek dengan rumah warga semakin sempit sehingga paparan kebisingan menjadi tidak terhindarkan. Masyarakat modern juga semakin kritis dan berani menyuarakan ketidaknyamanan mereka melalui media sosial. Proyek yang mengabaikan keluhan warga dapat mengalami penghentian sementara akibat unjuk rasa atau gugatan warga. Biaya yang dikeluarkan akibat penghentian proyek jauh lebih besar daripada biaya untuk melakukan pengendalian kebisingan sejak awal. Kontraktor yang menerapkan manajemen kebisingan yang baik memiliki nilai tambah dalam penilaian tender hijau. Asuransi proyek konstruksi mulai mempertimbangkan aspek pengelolaan kebisingan dalam penentuan premi. Tanpa perubahan pendekatan yang mendasar, konflik antara proyek konstruksi dan masyarakat sekitar akan terus berulang. Penanganan risiko di lapangan ini pada dasarnya membutuhkan keselarasan antara target operasional proyek dan kebijakan jangka panjang perusahaan demi menjaga keseimbangan kinerja organisasi secara menyeluruh (Mardikaningsih & Darmawan, 2021).

Tujuan dari penelitian ini adalah merumuskan kerangka manajemen risiko paparan kebisingan dan getaran yang mencakup aspek identifikasi sumber, pengukuran akurat, pemilihan metode pengendalian, serta sistem pemantauan berkelanjutan. Kerangka ini akan membedakan pendekatan untuk berbagai jenis alat berat, kondisi tanah, serta jarak dari bangunan sensitif. Kontribusi teoretis adalah pengayaan literatur manajemen risiko konstruksi dengan fokus pada bahaya fisik yang sering terabaikan. Kontribusi praktis adalah tersedianya panduan teknis bagi kontraktor untuk menyusun rencana pengelolaan kebisingan dan getaran yang efektif dan efisien.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan desain kualitatif dengan pendekatan penelitian kepustakaan yang berorientasi pada analisis konten dokumen. Pemilihan desain ini didasarkan pada sifat topik yang memerlukan penelusuran literatur teknis tentang karakteristik kebisingan dan getaran dari peralatan konstruksi berat. Denzin dan Lincoln (2018) menyatakan bahwa penelitian kualitatif

memberikan ruang bagi peneliti untuk memahami makna di balik teks teknis melalui interpretasi yang sistematis. Sumber data yang digunakan meliputi standar teknis dari International Organization for Standardization, publikasi dari American Society of Civil Engineers, serta laporan teknis dari lembaga penelitian konstruksi. Dokumen pedoman dari European Commission tentang kebisingan lingkungan juga menjadi bagian dari bahan analisis. Patton (2015) menekankan bahwa studi dokumen yang dirancang dengan prosedur yang jelas dapat menghasilkan simpulan yang kredibel meskipun tanpa data primer. Pendekatan ini sesuai dengan target akhir penelitian yaitu menyusun rekomendasi teknis bagi pengelola proyek konstruksi.

Prosedur analisis dalam penelitian ini mengikuti kerangka yang dikemukakan oleh Patton (2015) tentang analisis data kualitatif dari dokumen. Langkah awal adalah mengumpulkan sumber-sumber yang relevan dengan topik kebisingan konstruksi dan perambatan getaran di tanah. Denzin dan Lincoln (2018) menambahkan bahwa peneliti perlu melakukan penilaian terhadap kualitas setiap sumber berdasarkan reputasi lembaga penerbit dan metodologi yang digunakan dalam studi asli. Setelah proses pengumpulan selesai, setiap dokumen dibaca secara menyeluruh untuk mengidentifikasi informasi tentang spektrum frekuensi kebisingan, metode kalibrasi alat ukur, faktor redaman gelombang tanah, serta teknologi pengendalian yang tersedia di pasaran. Tahap berikutnya adalah membandingkan temuan antar sumber untuk menemukan titik-titik kesepakatan maupun perbedaan yang signifikan. Patton (2015) merekomendasikan penggunaan teknik analisis tematik untuk mengelompokkan informasi ke dalam kategori-kategori yang bermakna. Langkah terakhir adalah sintesis dari seluruh kategori untuk membangun argumen tentang hierarki pengendalian yang paling efektif untuk berbagai kondisi proyek. Seluruh proses analisis dicatat dalam logbook penelitian untuk keperluan audit oleh peneliti lain.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi sumber kebisingan dan getaran pada alat berat konstruksi memerlukan pemahaman tentang mekanisme kerja setiap tipe peralatan. Excavator menghasilkan kebisingan dominan dari mesin diesel dan sistem hidrolik saat mengangkat serta memutar badan alat. Getaran dari excavator berasal dari benturan bucket dengan tanah keras atau batu yang merambat

melalui track shoe ke permukaan tanah. Perencanaan pembuatan dan perakitan komponen mesin yang tepat sangat memengaruhi tingkat getaran yang dihasilkan saat alat mulai dijalankan (Anwar *et al.*, 2022; Triono & Darmawan, 2024). Bulldozer menghasilkan kebisingan dengan karakteristik frekuensi rendah dari mesin besar yang bekerja pada putaran konstan. Getaran bulldozer disebabkan oleh proses traksi dimana track shoe mencengkeram tanah dan melepaskannya secara berulang. Pile driver menghasilkan kebisingan impulsif tertinggi di antara semua alat berat karena benturan palu dengan tiang pancang. Getaran dari pile driver merambat paling jauh karena energinya yang besar dan frekuensi yang dekat dengan frekuensi alami tanah. Pemeriksaan kondisi mesin secara berkala melalui tanda-tanda getaran yang muncul juga sangat penting untuk mencegah kerusakan yang lebih parah (Riyadin & Darmawan, 2023). Compactor atau mesin gilas getar menghasilkan getaran yang dirancang untuk memadatkan tetapi juga mengganggu bangunan sekitar. Pengelompokan alat berat berdasarkan mekanisme kebisingan memudahkan untuk memilih metode pengendalian yang tepat (Rodríguez & Bascompta, 2020).

Metode pengukuran kebisingan untuk proyek konstruksi berbeda dengan pengukuran untuk industri tetap karena sifat sumber yang bergerak. Standar nasional mensyaratkan pengukuran kebisingan di batas terdekat lokasi proyek dengan permukiman. Sound level meter harus dikalibrasi sebelum dan sesudah pengukuran untuk menjamin akurasi data. Prosedur pencatatan data yang tertib dan teliti di lapangan menjadi kunci utama agar hasil yang didapatkan tidak membingungkan atau salah (Arifin & Sinambela, 2021; Sinambela & Darmawan, 2011). Pengukuran dilakukan pada saat semua alat berat beroperasi normal mewakili kondisi paling bising. Untuk proyek dengan durasi panjang, pengukuran perlu diulang setiap bulan karena kondisi sekitar dapat berubah. Kebisingan impulsif dari pile driving memerlukan parameter tambahan yaitu puncak tekanan suara. Pengukuran getaran menggunakan accelerometer yang dipasang pada pondasi bangunan terdekat dengan proyek. Orientasi pemasangan sensor harus memperhitungkan arah rambatan getaran dari sumber ke bangunan. Pengukuran getaran juga perlu mempertimbangkan faktor amplifikasi karena kondisi tanah lunak. Data getaran dinyatakan dalam peak particle velocity atau kecepatan partikel puncak yang dibandingkan

dengan standar kerusakan bangunan (Henrys *et al.*, 2023).

Ambang batas kebisingan untuk kawasan permukiman berdasarkan rekomendasi organisasi kesehatan dunia adalah 55 desibel untuk siang hari. Proyek konstruksi dengan tingkat kebisingan di atas 70 desibel di luar lokasi dianggap melanggar baku mutu. Untuk pekerja di lokasi proyek, nilai ambang batas adalah 85 desibel untuk durasi delapan jam per hari. Setiap kenaikan 3 desibel mengurangi durasi paparan yang diperbolehkan menjadi setengahnya. Ambang batas getaran untuk bangunan kategori A yaitu bangunan dengan struktur beton bertulang adalah 5 mm per detik. Campuran material bangunan yang kokoh dipadukan dengan perhitungan biaya yang pas akan menghasilkan tempat tinggal yang aman sekaligus hemat (Djaelani *et al.*, 2022; Sinambela & Djaelani, 2022). Bangunan kategori B seperti rumah tinggal sederhana memiliki ambang batas 2 mm per detik. Bangunan kategori C yang merupakan bangunan bersejarah atau rusak memiliki ambang batas 0.5 mm per detik. Pengukuran yang melebihi ambang batas mewajibkan kontraktor untuk menghentikan kegiatan yang menjadi sumber. Penyesuaian metode kerja atau pemasangan peredam harus dilakukan sebelum kegiatan dilanjutkan. Standar ini memberikan perlindungan hukum bagi masyarakat dan pekerja dari paparan berlebihan (Akosile *et al.*, 2025).

Pengendalian kebisingan pada sumbernya merupakan prioritas tertinggi dalam hierarki pengendalian risiko. Pemilihan alat berat yang sudah memenuhi standar kebisingan Eropa atau Amerika menjadi langkah awal yang efektif. Mesin dengan teknologi common rail injection menghasilkan pembakaran lebih halus sehingga kebisingan lebih rendah. Perawatan rutin exhaust manifold dan knalpot mencegah kebocoran gas yang menimbulkan suara letupan. Pemasangan peredam suara pada intake udara mesin dapat mengurangi kebisingan hingga 10 desibel. Pelapisan bodi alat berat dengan material viskoelastik meredam getaran panel yang memancarkan suara. Pengelolaan bahan-bahan material secara rapi dan teratur terbukti membuat pekerjaan di lapangan menjadi jauh lebih efisien (Theodara, Darmawan, & Putra, 2022). Untuk pile driver, penggunaan sistem hidrolik daripada sistem diesel hammer dapat mengurangi kebisingan secara signifikan. Alat pancang dengan sistem vibratory menghasilkan kebisingan lebih rendah dibandingkan drop

hammer. Pengendalian pada sumber memerlukan investasi awal yang lebih besar tetapi memberikan hasil permanen. Biaya tambahan untuk alat berat yang lebih senyap sebanding dengan penghematan biaya kompensasi kepada warga (Acquati & XHIXHA, 2024).

Pengendalian kebisingan pada jalur rambat dilakukan jika pengendalian pada sumber tidak memungkinkan karena keterbatasan teknologi. Pemasangan barrier atau dinding penghalang dari bahan massa tinggi seperti beton atau kayu lapis tebal dapat meredam kebisingan. Tinggi barrier minimal harus lebih tinggi dari garis pandang antara sumber dan penerima. Material berpori seperti busa atau glasswool ditempatkan pada sisi barrier yang menghadap sumber untuk penyerapan tambahan. Perhitungan pengeluaran operasional yang teliti sangat membantu dalam menentukan titik impas agar usaha tidak mengalami kerugian finansial (Sinambela *et al.*, 2022a; Sinambela *et al.*, 2022b). Pembuatan parit atau trench di sekitar area operasi alat berat dapat memotong rambatan getaran melalui tanah. Parit diisi dengan material lunak seperti karet daur ulang atau busa polietilen untuk menyerap energi getaran. Penanaman pohon dengan kerapatan tinggi memberikan efek redaman kebisingan yang terbatas pada frekuensi tinggi. Jarak antara sumber dan penerima merupakan faktor alami yang paling efektif namun sulit diatur di perkotaan. Pengaturan jadwal kerja untuk memindahkan alat berat yang bising ke lokasi lebih jauh dari pemukiman dapat membantu. Kombinasi beberapa metode pengendalian pada jalur rambat memberikan hasil yang lebih baik daripada metode tunggal. (Liu & Lu, 2025)

Pengendalian kebisingan pada penerima dilakukan sebagai pelengkap jika dua metode sebelumnya belum cukup menurunkan paparan. Pekerja di lokasi proyek wajib menggunakan alat pelindung diri berupa ear plug atau ear muff. Ear plug dari busa ekspansi dapat meredam kebisingan hingga 25 desibel jika dipasang dengan benar. Ear muff dengan dual shell design memberikan redaman lebih tinggi untuk frekuensi rendah. Kombinasi ear plug dan ear muff diperlukan untuk paparan di atas 100 desibel. Untuk masyarakat sekitar, kontraktor dapat menyediakan double glazing window bagi rumah yang terkena dampak berat. Jendela dengan dua lapis kaca dan celah udara memberikan redaman kebisingan hingga 30 desibel. Relokasi sementara warga yang rumahnya sangat dekat dengan sumber

kebisingan dapat menjadi solusi untuk proyek jangka pendek. Biaya relokasi sementara sebanding dengan biaya kompensasi gugatan warga di pengadilan. Setiap perusahaan memiliki kewajiban untuk menjaga karyawannya dari bahaya fisik demi kelancaran kegiatan usaha (Hariani & Sinambela, 2021; Sinambela & Mardikaningsih, 2021). Program pemantauan kesehatan pendengaran bagi pekerja yang terpapar kebisingan kronis perlu dilaksanakan setiap tahun. Deteksi dini gangguan pendengaran memungkinkan tindakan perbaikan sebelum kerusakan menjadi permanen (Bespalova *et al.*, 2025).

Pemantauan berkelanjutan kebisingan dan getaran menggunakan teknologi sensor nirkabel yang saat ini semakin terjangkau. Sensor ditempatkan di beberapa titik strategis di sekitar lokasi proyek yang berbatasan dengan permukiman. Data dari sensor dikirim ke server pusat melalui jaringan seluler setiap beberapa menit. Pemanfaatan sistem digital terbaru di dunia kerja modern terbukti mempermudah pembagian tugas serta menghemat waktu (Sinambela, Mardikaningsih, & Utilization, 2022; Triono *et al.*, 2025). Kontraktor dapat mengakses dashboard online untuk melihat tingkat kebisingan real time di setiap titik. Sistem peringatan dini dapat diatur untuk mengirimkan notifikasi jika nilai ambang batas terlampaui. Notifikasi diterima oleh manajer proyek dan petugas lingkungan melalui ponsel mereka. Tindakan korektif seperti mengurangi RPM mesin atau menghentikan sementara kegiatan dapat segera dilakukan. Data historis tersimpan di server dan dapat digunakan untuk evaluasi tren kebisingan dari waktu ke waktu. Laporan kebisingan bulanan dapat dihasilkan secara otomatis untuk keperluan audit. Teknologi ini meningkatkan transparansi dan akuntabilitas kontraktor kepada pemilik proyek dan masyarakat sekitar (Ardashev & Mikhail, 2025).

Kasus kerusakan bangunan akibat getaran konstruksi sering terjadi karena kurangnya survei awal kondisi bangunan sebelum proyek dimulai. Survei awal harus mendokumentasikan kondisi eksisting setiap bangunan dalam radius yang ditentukan. Parameter yang didokumentasikan meliputi retak dinding, kemiringan struktur, serta kondisi pondasi. Dokumentasi dilakukan dengan foto berskala dan pengukuran lebar retak menggunakan crack gauge. Bangunan yang sudah memiliki retak awal akan lebih rentan terhadap kerusakan akibat getaran tambahan. Upaya memperkirakan segala

kemungkinan buruk sejak dini sangat membantu kesuksesan sebuah program kerja di lingkungan yang cepat berubah (da Silva, Darmawan, & Gardi, 2022; Mardikaningsih *et al.*, 2024). Kontraktor perlu menandatangani perjanjian dengan pemilik bangunan tentang kondisi awal tersebut. Perjanjian menjadi dasar klaim jika terjadi kerusakan baru akibat getaran proyek. Metode pembayaran kompensasi dapat disepakati di awal seperti perbaikan gratis atau ganti rugi uang tunai. Untuk bangunan bersejarah atau cagar budaya, studi getaran yang lebih detail dengan pemodelan numerik diperlukan. Model elemen hingga dapat memprediksi respon bangunan terhadap getaran dari berbagai sumber. Hasil model digunakan untuk menetapkan jarak aman pemancangan tiang dari bangunan cagar budaya (Povkolas, 2023).

Penentuan jarak aman dari sumber getaran ke bangunan memerlukan pemahaman tentang redaman gelombang di tanah. Rumus empiris yang umum digunakan menghubungkan kecepatan partikel dengan jarak dan energi sumber. Untuk pile driver dengan energi impact 10 kilojoule, jarak aman untuk bangunan kategori C adalah 50 meter. Tanah lempung akan meredam getaran lebih cepat sehingga jarak aman dapat lebih pendek. Tanah pasir padat menghantarkan getaran lebih jauh sehingga jarak aman perlu diperpanjang. Keberadaan rongga bawah tanah atau terowongan dapat menyebabkan fokus getaran pada titik tertentu. Pengukuran getaran aktual pada jarak yang direncanakan perlu dilakukan sebagai uji coba sebelum produksi massal. Uji coba dengan satu kali pemancangan memberikan data empiris untuk memverifikasi perhitungan. Jika hasil uji melebihi ambang batas, jarak aman perlu diperbesar atau metode penggantian seperti pre drilling diterapkan. Pre drilling melubangi tanah sebelum pemancangan untuk mengurangi hambatan dan energi yang dilepaskan (Lukpanov *et al.*, 2023). Metode ini efektif menurunkan getaran namun menambah biaya dan waktu pelaksanaan.

Sistem manajemen risiko kebisingan dan getaran perlu diintegrasikan dengan sistem manajemen keselamatan proyek secara keseluruhan. Identifikasi risiko dilakukan pada tahap perencanaan proyek sebelum kegiatan konstruksi dimulai. Risiko kebisingan dinilai berdasarkan tingkat keparahan dampak dan probabilitas terjadinya keluhan. Matriks risiko digunakan untuk menentukan prioritas pengendalian untuk setiap sumber kebisingan.

Penerapan aturan keselamatan kerja yang tegas di lingkungan konstruksi sangat membantu meningkatkan semangat serta hasil kerja para buruh (Djaelani & Darmawan, 2016; Djaelani *et al.*, 2021). Prosedur operasional standar untuk alat berat tertentu harus mencakup langkah meminimalkan kebisingan. Petugas lingkungan proyek bertanggung jawab memastikan kepatuhan terhadap prosedur tersebut. Inspeksi kebisingan rutin dilakukan setiap minggu menggunakan sound level meter portabel. Hasil inspeksi dicatat dalam lembar inspeksi dan dilaporkan dalam rapat proyek mingguan. Tindakan perbaikan untuk temuan ketidakpatuhan harus diselesaikan dalam batas waktu yang ditentukan (Zhang *et al.*, 2024). Dokumentasi seluruh kegiatan pengelolaan kebisingan disimpan untuk keperluan audit kepatuhan. Pendekatan sistematis ini memastikan bahwa kebisingan dan getaran tidak diabaikan dalam manajemen proyek.

Pelatihan bagi operator alat berat tentang dampak kebisingan dan getaran merupakan komponen penting dari sistem manajemen. Operator perlu memahami bahwa kebisingan berlebihan dapat merusak pendengaran mereka sendiri dalam jangka panjang. Pengetahuan tentang korelasi antara RPM mesin dan tingkat kebisingan membantu operator memilih putaran yang optimal. Teknik mengemudi yang halus dengan menghindari benturan tiba-tiba dapat mengurangi kebisingan impulsif. Operator juga perlu mengetahui cara memasang alat pelindung diri dengan benar untuk mendapatkan perlindungan maksimal. Pemahaman mengenai keadilan di tempat kerja juga penting agar seluruh mereka merasa dihargai secara merata oleh pihak pengelola (Darmawan, 2026). Pelatihan ulang diberikan setiap tahun karena sering terjadi pergantian operator di proyek konstruksi. Evaluasi pemahaman operator dilakukan melalui tes tertulis dan observasi praktik kerja di lapangan. Sertifikat pelatihan menjadi salah satu persyaratan untuk diizinkan mengoperasikan alat berat (Kannan, 2025).

Kontraktor yang memiliki operator terlatih melaporkan keluhan masyarakat yang lebih sedikit. Investasi pelatihan yang relatif kecil memberikan pengembalian yang besar melalui berkurangnya biaya kompensasi. Aspek hukum pengelolaan kebisingan dan getaran di Indonesia masih memiliki banyak celah yang perlu diperbaiki. Regulasi yang ada tersebar di beberapa kementerian tanpa koordinasi yang memadai. Kementerian Lingkungan Hidup mengatur baku mutu

kebisingan untuk kegiatan yang berdampak lingkungan. Kementerian Tenaga Kerja mengatur nilai ambang batas di tempat kerja. Kementerian Pekerjaan Umum mengatur tentang standar getaran untuk konstruksi bangunan. Tidak ada satu payung hukum yang mengintegrasikan ketiga aspek tersebut untuk proyek konstruksi. Sanksi pelanggaran bersifat administratif dengan denda maksimal yang sangat rendah. Pemberian sanksi yang tegas dari penegak hukum sangat diperlukan untuk mengurangi angka kecurangan di lingkungan usaha (Fajarudin *et al.*, 2024; Gardi & Sinambela, 2022). Proses pembuktian pelanggaran memerlukan pengukuran ulang oleh lembaga yang kompeten (Yance, 2025). Biaya pengukuran yang mahal menjadi penghalang bagi masyarakat untuk mengadu. Reformasi regulasi diperlukan untuk menciptakan kepastian hukum bagi kontraktor dan perlindungan bagi masyarakat.

Praktik terbaik dari negara maju menunjukkan bahwa pengelolaan kebisingan konstruksi memerlukan pendekatan preventif sejak awal. Kota London mewajibkan kontraktor untuk menyusun rencana pengelolaan kebisingan sebelum izin konstruksi diterbitkan. Rencana tersebut dievaluasi oleh otoritas lingkungan setempat dan dapat ditolak jika tidak memadai. Kota Tokyo memiliki regulasi tentang alat berat yang diizinkan beroperasi di area permukiman hanya dengan label kebisingan rendah. Pemerintah Singapura menyediakan peta kebisingan daring yang menunjukkan tingkat kebisingan real-time dari proyek konstruksi. Setiap pemeriksaan berkala harus dijalankan dengan jujur agar kualitas hasil akhir pekerjaan tetap tepercaya (Sinambela & Darmawan, 2022; Sinambela, Rachmawati, *et al.*, 2021). Warga dapat melihat tingkat kebisingan di sekitar rumah mereka melalui aplikasi ponsel. Jika melebihi batas, warga dapat langsung melaporkan ke otoritas melalui aplikasi yang sama. Sistem ini menciptakan tekanan publik bagi kontraktor untuk mengelola kebisingan dengan serius. Penilaian yang baik dari masyarakat luar juga sangat memengaruhi nilai jual dan nama baik instansi di masa depan (Putra & Arfin, 2023; Sinambela, 2021). Indonesia dapat mengadopsi praktik ini dengan penyesuaian terhadap kondisi lokal. Biaya pengembangan sistem informasi yang tidak terlalu besar sebanding dengan manfaat jangka panjang.

IV. PENUTUP KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Manajemen risiko kebisingan dan getaran dari alat berat konstruksi memerlukan pendekatan sistematis yang mencakup identifikasi sumber, pengukuran akurat, pengendalian pada sumber jalur rambat dan penerima, serta pemantauan berkelanjutan. Keberhasilan pengendalian sangat bergantung pada pemilihan metode yang sesuai dengan jenis alat berat, kondisi tanah, dan jarak dari bangunan sensitif. Teknologi sensor nirkabel untuk pemantauan real time meningkatkan kemampuan kontraktor untuk merespon pelampauan ambang batas secara cepat. Aspek regulasi yang masih lemah di Indonesia perlu diperkuat dengan mekanisme sanksi yang tegas dan sistem pengaduan masyarakat yang mudah diakses. Pelatihan operator tentang teknik mengemudi yang mengurangi kebisingan memberikan kontribusi yang signifikan dengan biaya yang relatif rendah.

4.2. Saran

Saran dari studi ini adalah perlunya penyusunan pedoman teknis pengelolaan kebisingan dan getaran yang spesifik untuk setiap jenis proyek konstruksi. Pedoman harus memuat contoh kasus perhitungan jarak aman, desain barrier, serta format dokumentasi survei awal bangunan. Saran bagi pemerintah adalah merevisi peraturan tentang baku mutu kebisingan konstruksi dengan mengacu pada rekomendasi organisasi kesehatan dunia. Saran bagi kontraktor adalah mengalokasikan anggaran minimal satu persen dari nilai proyek untuk pengelolaan kebisingan dan getaran. Penelitian selanjutnya diperlukan untuk mengembangkan model perambatan getaran yang akurat untuk kondisi tanah di Indonesia. Model tersebut dapat digunakan untuk memprediksi dampak sebelum proyek dimulai tanpa perlu uji coba lapangan yang memakan waktu.

DAFTAR PUSAKA

- [1] Acquati, M., & XHIXHA, E. (2024). Construction site noise management. *NOISE-CON Proceedings*, 270(3), 8024–8029. https://doi.org/10.3397/in_2024_4038
- [2] Akosile, S. S., Ige, M. O., Omomola, B., Sanni, F. J., Akosile, J. O., Abiodun, P., & Owolabi, O. (2025). Effect of construction noise and control: a literature review. *NOISE-CON Proceedings*, 271(2), 938–949. https://doi.org/10.3397/nc_2025_0160
- [3] Anwar, M. S., Setiawan, A., Saleh, M., Diba, F. F., Triono, B., & Darmawan, D. (2022). Fabric Expansion Joint Roller Machine Manufacturing Planning. *International Journal of Service Science, Management, Engineering, and Technology*, 1(1), 1-5.
- [4] Ardashev, I., & Mikhail, K. (2025). AI-Based Noise Classification for Construction Sites. *NOISE-CON Proceedings*, 272(4), 869–877. https://doi.org/10.3397/in_2025_1073985
- [5] Arifin, S., & Sinambela, E. A. (2021). Studi tentang kinerja karyawan ditinjau dari keberadaan sistem informasi akuntansi dan pengendalian internal. *Realible Accounting Journal*, 1(1), 58-70.
- [6] Bepalova, A., Knysh, O., Dashkovska, O. P., & Fayzulyna, O. A. (2025). Research of personal noise protection on a construction site. *Ukrains'kij Zhurnal Budivnictva Ta Arhitekturi*. <https://doi.org/10.30838/ujcea.2312.241225.17.1205>
- [7] da Silva, B. D. S., Darmawan, D., & Gardi, B. (2022). A Systematic Approach to Risk Management to Enhance Information Technology Project Success in a Dynamic Business Environment. *Journal of Social Science Studies*, 2(2), 213-218.
- [8] Darmawan, D. (2026). Human Resource Risk Management and HR Governance as Predictors of Organizational Justice in Islamic Banking Institutions. *Jurnal Ilmiah Satyagraha*, 9(1), 66-80.
- [9] Davis, D. (2023). A quantified risk-based approach to construction noise and vibration management. *Berkeley Program in Law & Economics*, 154(4_supplement), A326–A326. <https://doi.org/10.1121/10.0023686>
- [10] Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2018). *The SAGE handbook of qualitative research* (5th ed.). SAGE Publications.
- [11] Djaelani, M., & Darmawan, D. (2016). Studi Tentang Program Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) serta Kompetensi Lintas Budaya terhadap Kinerja Pekerja Konstruksi. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 6(2), 11-17.
- [12] Djaelani, M., Judiono, J., Darmawan, D., & Amri, M. W. (2022). Study of concrete: quality and economic. *Bulletin of Science, Technology and Society*, 1(1), 1-3.
- [13] Djaelani, M., Sinambela, E. A., Darmawan,

- D., & Mardikaningsih, R. (2021). Strengthening the culture of occupational safety and health as a contributor to the formation of construction project performance. *Journal of Marketing and Business Research (MARK)*, 1(2), 59-70.
- [14] Fajarudin, M., Negara, D. S., & Putra, A. R. (2024). Internal Audit Obligations and Corporate Legal Liability for Corruption. *Journal of Social Science Studies*, 4(1), 303-312.
- [15] Gardi, B., & Sinambela, E. A. (2022). Effectiveness of Internal Controls and Compliance with Accounting Rules and its Influence on the Trend of Accounting Fraud. *Studi Ilmu Sosial Indonesia*, 2(1), 1-12.
- [16] Hariani, M., & Sinambela, E. A. (2021). Hubungan Kualitas Kehidupan Kerja, Kepuasan Kerja, dan Integritas Akuntan Publik. *Ekonomi, Keuangan, Investasi dan Syariah (Ekuitas)*, 3(2), 297-301.
- [17] Henrys, N., Parker, A., Evans, T. L., & Jurevicius, D. (2023). Comparison of predicted and measured noise levels from major infrastructure construction projects. *Berkeley Program in Law & Economics*, 154(4_supplement), A327–A327. <https://doi.org/10.1121/10.0023691>
- [18] Kannan, R. R. (2025). Silent hazards: navigating the invisible risks of noise and vibration in industrial workspaces. *International Journal of Advanced Research*, 13(03), 1254–1265. <https://doi.org/10.21474/ijar01/20675>
- [19] Liu, Z., & Lu, L. (2025). Structural Design and Optimization of Highway Noise Barrier Panels. *Industry Science and Engineering*, 2(9), 6–12. <https://doi.org/10.62381/i255902>
- [20] Lukpanov, R. E., Tsigulyov, D. V., Yenkebayev, S. B., & Zhantlessova, Z. (2023). Vibration monitoring as a method for assessing the pile driving-induced impact in restrained urban conditions. *E3S Web of Conferences*, 371, 02028–02028. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337102028>
- [21] Mardikaningsih, R., & Darmawan, D. (2021). Goal Cascading dan Strategic Alignment dalam Manajemen Kinerja. *Jurnal Ekonomi Dan Bisnis*, 11(2), 59-72.
- [22] Mardikaningsih, R., Halizah, S. N., Nuraini, R., Darmawan, D., & Hardyansah, R. (2024). Manajemen Risiko Pada Penerapan Manajemen Rantai Pasokan Global: Kajian Terhadap Pendekatan Strategis Untuk Mengidentifikasi, Mengevaluasi, dan Mengelola Risiko. *Yos Soedarso Economic Journal (Y EJ)*, 6(2), 1-15.
- [23] Ouis, D. (2024). *Effects of Vibrations on Buildings and on Their Occupants*. 471–481. https://doi.org/10.1007/978-981-99-5922-8_42
- [24] Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research and evaluation methods* (4th ed.). SAGE Publications.
- [25] Povkolas, K. E. (2023). Method for prediction of damage to building structures of buildings and structures under vibrodynamic impacts transmitted through the ground environment, and ways to eliminate them. *Herald of Polotsk State University. Series F. Civil Engineering. Applied Sciences*. <https://doi.org/10.52928/2070-1683-2023-34-2-32-37>
- [26] Putra, A. R., & Arifin, S. (2023). Ethical Principles in Corporate Financial Management: A Literature Study on Investment and Risk. *Journal of Social Science Studies*, 3(2), 221-226.
- [27] Riyadin, F., & Darmawan, D. (2023). Experimental Study of 3 KW Generator Damage Types Based on Vibration Signals. *International Journal of Service Science, Management, Engineering, and Technology*, 3(2), 27-31.
- [28] Rodríguez, R. L., & Bascompta, M. (2020). Vibration Analysis and Empirical Law Definition for Different Equipment in a Civil Construction. *Applied Sciences*, 10(14), 4689. <https://doi.org/10.3390/AP10144689>
- [29] Sinambela, E. A. (2021). Peran Earning Per Share (EPS) dan Deviden Per Share (DPS) Terhadap Harga Saham. *Journal of Trends Economics and Accounting Research*, 2(1), 6-10.
- [30] Sinambela, E. A., & Darmawan, D. (2011). Analisis Dampak Penerapan Sistem Informasi Akuntansi terhadap Kualitas Laporan Keuangan melalui Sistem Pengendalian Internal Sebagai Variabel Intervening. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 1(1), 18-29.
- [31] Sinambela, E. A., & Darmawan, D. (2022). Peran Integritas dan Kompetensi terhadap Kualitas Audit. *Realible Accounting Journal*, 1(2), 8-15.
- [32] Sinambela, E. A., & Djaelani, M. (2022). Cost behavior analysis and categorization. *Journal of Social Science Studies*, 2(1), 13-16.
- [33] Sinambela, E. A., & Mardikaningsih, R. (2021). Integritas Auditor dan Perannya

- terhadap Pembentukan Komitmen Organisasi. *Jurnal Simki Economic*, 4(2), 112-120.
- [34] Sinambela, E. A., & Mardikaningsih, R. (2022). The Influence of Accounting Information Systems, Work Motivation and Utilization of Information Technology on Employee Performance. *Journal of Science, Technology and Society (SICO)*, 3(2), 35–44.
- [35] Sinambela, E. A., Darmawan, D., & Gardi, B. (2022). Production cost calculation analysis using variable costing method. *International Journal of Service Science, Management, Engineering, and Technology*, 1(2), 13-16.
- [36] Sinambela, E. A., Darmawan, D., Gardi, B., & Malaihollo, F. J. (2022). Cost control through break even point analysis. *International Journal of Service Science, Management, Engineering, and Technology*, 1(3), 1-3.
- [37] Sinambela, E. A., Rachmawati, E., Febriyanti, E. A., & Joenarni, E. (2021). Pengaruh Struktur Kepemilikan dan Kualitas Audit Terhadap Kinerja Perusahaan. *Journal of Trends Economics and Accounting Research*, 1(4), 123-128.
- [38] Theodara, N. A., Darmawan, D., & Putra, A. R. (2022). Material Management Effectiveness. *Bulletin of Science, Technology and Society*, 1(1), 7-10.
- [39] Triono, B., & Darmawan, D. (2024). 3D Printing Technology as A Driver of Innovation and Efficiency in Mechanical Engineering. *Journal of Science, Technology and Society (SICO)*, 5(2), 11–20.
- [40] Triono, B., Darmawan, D., Djaelani, M., Safitri, F. S. A., & Masithoh, N. (2025). How Digitalization Reshapes Labor and Task Architecture in the Manufacturing Sector. *International Journal of Service Science, Management, Engineering, and Technology*, 7(2), 11-16.
- [41] Utepov, Y., IMANOV, A., Mukhamejanova, A., Kozhas, A., & Akhazhanov, S. (2024). Review of Existing Solutions for Vibroacoustic Monitoring of Construction Sites. *Л.Н. Гумилев Атындағы Еуразия Ұлттық Университетінің Хабаршысы*, 147(2), 61–76. <https://doi.org/10.32523/2616-7263-2024-147-2-61-76>
- [42] Yance, T. V. (2025). Penyelesaian Hukum terhadap Perbuatan Melawan Hukum pada Jasa Konstruksi di Indonesia. *Riau Law Journal*, 8(2), 126–147. <https://doi.org/10.30652/rjlj.8.2.126-147>
- [43] Zhang, J., Huang, J., Wu, Z., & Li, Z. (2024). Construction Noise Reduction Research on Rail Transit Projects: A Case Study in China. *Buildings*, 14(6), 1678–1678. <https://doi.org/10.3390/buildings14061678>