Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Volume 6, Number 03, Oktober 2026
e-ISSN: 2809-476X
https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i03.9774

Rancang Bangun Sistem Pemantauan Getaran Pelat Lantai Gedung Bertingkat Berbasis *Internet of Things*

Andi Syahrul Ramdana[1], Rahmat Natsir[2], Amal Ichlasul Magribi[3]
[1,2,3]Politeknik Bombana, Indonesia
[1)]andisyahrulramdana@gmail.com, [2)]rahmat.sipil.rn@gmail.com, [3)]amalichlasul94@gmail.com

***Andi Syahrul Ramdana**

Histori Artikel:
Submit: 2026-10-11
Diterima: 2026-10-029
Dipublikasikan: 2026-10-31

Kata Kunci:
Akselerometer MEMS; Getaran Pelat Lantai; Internet of Things; Lora; Pemantauan Struktur.

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

ABSTRAK

Pemantauan getaran pelat lantai gedung bertingkat diperlukan untuk memperoleh informasi mengenai respons dinamis struktur dan mendukung evaluasi kinerja layannya. Pengukuran yang terintegrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT) berpotensi mempermudah pengumpulan, pengiriman, dan penyajian data secara berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemantauan getaran pelat lantai berbasis IoT yang mengintegrasikan akselerometer Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS), Arduino, komunikasi nirkabel Long Range (LoRa), penyimpanan data, dan dashboard pemantauan. Metode yang digunakan berupa perancangan sistem dengan rencana evaluasi kuantitatif-eksperimental melalui akuisisi percepatan getaran, prapemrosesan sinyal, analisis domain waktu dan frekuensi, serta pengujian komunikasi data. Analisis sinyal direncanakan menggunakan Fast Fourier Transform (FFT) dan Power Spectral Density (PSD), sedangkan Operational Modal Analysis (OMA) dapat diterapkan apabila kualitas data memenuhi persyaratan. Parameter yang akan dievaluasi meliputi frekuensi dominan, percepatan puncak, nilai Root Mean Square (RMS), rasio redaman jika dapat diestimasi, serta Packet Delivery Ratio (PDR) dan waktu tunda komunikasi. Rancangan juga mencakup perbandingan hasil pengukuran dengan smartphone sebagai perangkat pembanding dan validasi frekuensi melalui model numerik SAP2000. Hasil pada tahap ini berupa rancangan arsitektur, pembagian fungsi komponen, alur pengolahan data, dan parameter evaluasi. Grafik dan angka numerik ilustratif belum merupakan hasil pengujian aktual sehingga belum dapat membuktikan akurasi pengukuran, keandalan transmisi, atau kesesuaian model. Sistem ini berpotensi mendukung pemantauan getaran secara digital, tetapi pengujian prototipe dan validasi kuantitatif masih diperlukan sebelum kelayakan penerapannya dapat disimpulkan.

LATAR BELAKANG

Bangunan bertingkat merupakan bagian penting dari infrastruktur perkotaan yang mendukung peningkatan kebutuhan ruang dan aktivitas masyarakat. Seiring dengan meningkatnya kompleksitas penggunaan bangunan, evaluasi terhadap kinerja struktur menjadi aspek penting untuk mendukung kenyamanan dan keselamatan penghuninya. Salah satu parameter yang perlu diperhatikan adalah getaran pada pelat lantai akibat aktivitas manusia, pergerakan peralatan, maupun beban dinamis lainnya. Getaran yang berlebihan dapat mengurangi kenyamanan pengguna dan memengaruhi kinerja layan (serviceability) struktur. Oleh karena itu, pemantauan getaran secara berkala dan berkelanjutan diperlukan untuk memperoleh informasi mengenai respons dinamis struktur sebagai dasar evaluasi kondisi bangunan (Karampour et al., 2023; Aloisio et al., 2024).

Evaluasi kondisi struktur melalui pendekatan Structural Health Monitoring (SHM) memungkinkan respons dinamis bangunan diamati menggunakan sensor dan dianalisis berdasarkan data pengukuran. Namun, penerapan sistem pemantauan konvensional dapat terkendala oleh biaya perangkat, kebutuhan instalasi, serta keterbatasan dalam memperoleh dan mengintegrasikan data secara berkelanjutan. Perkembangan teknologi sensor Micro-Electro-

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Volume 6, Number 03, Oktober 2026
e-ISSN: 2809-476X
https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i03.9774

Mechanical Systems (MEMS) menawarkan alternatif yang lebih terjangkau dan ringkas untuk pengukuran percepatan getaran. Penelitian (De Angelis et al., 2020) menunjukkan bahwa sistem pemantauan struktur berbiaya rendah yang menggunakan akselerometer MEMS dan komunikasi nirkabel Long Range (LoRa) dapat digunakan untuk merekam getaran struktur. Selain itu, (Rocha Ribeiro et al., 2023) mengembangkan sistem pemantauan getaran multi titik berbasis nirkabel dengan biaya rendah untuk struktur sipil. Temuan tersebut menunjukkan potensi pemanfaatan sensor yang lebih ekonomis dalam memperluas penerapan pemantauan struktur.

Perkembangan Internet of Things (IoT) juga membuka peluang untuk mengintegrasikan sensor, perangkat akuisisi data, komunikasi nirkabel, dan platform pemantauan dalam satu sistem. Melalui integrasi tersebut, data getaran dapat dikumpulkan dan dikirimkan untuk dipantau serta dianalisis secara lebih efisien. Penggunaan komunikasi LoRa mendukung transmisi data jarak jauh dengan kebutuhan daya relatif rendah, sehingga berpotensi digunakan pada sistem pemantauan yang memerlukan distribusi sensor di beberapa titik. (De Angelis et al., 2020) serta (Qiao et al., 2025) menunjukkan penerapan sensor percepatan dan komunikasi LoRa untuk pemantauan getaran serta identifikasi parameter modal struktur. Meskipun demikian, pemanfaatan sensor berbiaya rendah tetap memerlukan pengolahan sinyal dan validasi pengukuran agar parameter dinamis yang dihasilkan dapat digunakan secara tepat dalam evaluasi struktur.

Dalam konteks pelat lantai gedung bertingkat, pemantauan tidak hanya ditujukan untuk merekam getaran, tetapi juga untuk memperoleh parameter yang berkaitan dengan kinerja layan, seperti frekuensi alami, rasio redaman, dan amplitudo getaran. Parameter tersebut dapat dianalisis untuk memahami respons dinamis pelat lantai serta membandingkannya dengan kriteria kenyamanan getaran yang relevan. (Aloisio et al., 2024) membahas kinerja getaran lantai komposit melalui pendekatan eksperimental dan numerik, sedangkan (Shahabpoor et al., 2024) mengkaji evaluasi kinerja layan getaran lantai dengan mempertimbangkan interaksi manusia, struktur, dan lingkungan. Kajian tersebut memperlihatkan pentingnya mempertimbangkan karakteristik dinamis struktur dan kondisi pengguna dalam mengevaluasi respons getaran lantai.

Permasalahan tersebut secara spesifik teridentifikasi pada objek penelitian ini, yaitu gedung Perpustakaan Daerah Kabupaten Bombana yang merupakan bangunan bertingkat dengan intensitas kunjungan pengguna yang cukup tinggi pada jam-jam operasional. Berdasarkan pengamatan awal di lapangan, pelat lantai pada bangunan tersebut menunjukkan indikasi getaran yang dapat dirasakan ketika beberapa pengguna berjalan atau beraktivitas secara bersamaan, terutama pada area ruang baca di lantai atas. Indikasi tersebut, bagaimanapun, belum didukung oleh data pengukuran kuantitatif, sehingga karakteristik dinamis pelat lantai—seperti frekuensi alami, amplitudo, dan rasio redaman—belum dapat dipastikan secara objektif. Kondisi ini menegaskan perlunya instrumen pemantauan yang mampu merekam dan menganalisis data getaran secara langsung pada objek penelitian sebagai dasar evaluasi kinerja layan yang lebih akurat dibandingkan hanya mengandalkan pengamatan kualitatif.

Kajian-kajian terdahulu memperlihatkan kemajuan dalam pengembangan sensor berbiaya rendah dan sistem komunikasi nirkabel untuk pemantauan struktur, tetapi masih menyisakan kelemahan yang relevan dengan permasalahan penelitian ini. (De Angelis et al., 2020; Rocha Ribeiro et al., 2023) membuktikan kelayakan akselerometer MEMS dan komunikasi LoRa untuk merekam getaran struktur, tetapi perangkat tersebut belum diintegrasikan dengan platform IoT berbasis cloud yang mendukung penyimpanan dan penyajian data secara berkelanjutan. Di sisi lain, (Aloisio et al., 2024) dan (Shahabpoor et al., 2024) mengevaluasi kinerja layan getaran lantai secara eksperimental dan numerik, tetapi evaluasi tersebut tidak disertai sistem akuisisi data real-time yang dapat dipasang langsung pada objek bangunan. Dengan kata lain, belum ditemukan penelitian yang memadukan sensor MEMS, modul akuisisi data Arduino, komunikasi LoRa, dan platform IoT dalam satu sistem terpadu untuk mendukung evaluasi kinerja layan pelat lantai gedung bertingkat secara ekonomis, real-time, dan tervalidasi. Kesenjangan inilah yang ingin diatasi melalui penelitian ini.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan rancangan sistem pemantauan getaran pelat lantai yang ekonomis, mampu mengirimkan data secara real-time, dan mendukung analisis parameter dinamis sebagai dasar evaluasi kinerja layan struktur. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemantauan getaran berbasis IoT dengan

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Volume 6, Number 03, Oktober 2026
e-ISSN: 2809-476X
https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i03.9774

memanfaatkan akselerometer MEMS, perangkat akuisisi data berbasis Arduino, komunikasi LoRa, serta platform pemantauan berbasis cloud. Data yang diperoleh direncanakan untuk diolah melalui penyaringan sinyal dan analisis spektral guna mengidentifikasi parameter getaran, kemudian divalidasi melalui pengujian laboratorium dan pemodelan numerik menggunakan SAP2000. Dengan demikian, penelitian ini diarahkan untuk menjawab bagaimana merancang sistem pemantauan getaran yang ekonomis dan beroperasi secara real-time, serta bagaimana hasil pengukuran dan analisisnya dapat digunakan untuk mendukung evaluasi kinerja layan pelat lantai gedung bertingkat.

STUDI LITERATUR

Secara teoretis, kinerja layan (serviceability) pelat lantai terhadap getaran dievaluasi melalui parameter dinamis, yaitu frekuensi alami (natural frequency), rasio redaman (damping ratio), dan amplitudo percepatan getaran, yang kemudian dibandingkan terhadap ambang batas kenyamanan sebagaimana diatur dalam standar seperti ISO 10137 dan BS 6472. Pengukuran parameter tersebut umumnya dilakukan menggunakan sensor akselerometer, salah satunya berbasis teknologi *Micro Electromechanical Systems* (MEMS) yang mengubah percepatan getaran menjadi sinyal listrik melalui elemen mekanis berskala mikro sehingga memungkinkan pengukuran yang ringkas dan berbiaya rendah. Data getaran yang direkam selanjutnya diproses menggunakan metode analisis sinyal, yaitu Fast Fourier Transform (FFT) untuk memperoleh representasi domain frekuensi, Power Spectral Density (PSD) untuk mengidentifikasi distribusi energi getaran, dan Operational Modal Analysis (OMA) untuk mengestimasi parameter modal struktur dari respons operasional tanpa memerlukan eksitasi buatan. Agar data getaran dapat diakses dan dipantau secara berkelanjutan, sistem pengukuran tersebut dapat diintegrasikan dengan teknologi Internet of Things (IoT), yaitu kerangka kerja yang memungkinkan perangkat akuisisi data seperti Arduino mengirimkan data melalui komunikasi nirkabel berdaya rendah seperti Long Range (LoRa) menuju platform penyimpanan dan visualisasi berbasis cloud. Kerangka teori inilah yang mendasari sintesis penelitian relevan berikut ini.

Penelitian mengenai *Structural Health Monitoring* (SHM) terus berkembang seiring kebutuhan pemantauan kondisi struktur secara efektif dan berkelanjutan. (Crognale et al., 2024) membahas pengembangan sensor pemantauan struktur menggunakan akselerometer *Micro Electromechanical Systems* (MEMS), sedangkan (Rocha Ribeiro et al., 2023) mengembangkan sistem pemantauan getaran multi titik nirkabel berbiaya rendah untuk struktur sipil. Kedua penelitian tersebut menunjukkan potensi penggunaan sensor ekonomis untuk memperluas penerapan pemantauan struktur. Selain itu, (Lin et al., 2021) mengkaji penggunaan akselerometer MEMS untuk membantu penilaian keselamatan bangunan pascagempa, sementara (Kang et al., 2023) mengevaluasi penggunaan sensor akselerometer pada smartphone untuk mendeteksi getaran bangunan. Temuan dari penelitian tersebut menunjukkan adanya alternatif perangkat pengukuran yang lebih mudah diakses, meskipun ketelitian sensor dan konsistensi data tetap perlu diperhatikan melalui proses pengujian dan validasi.

Integrasi Internet of Things (IoT) dan komunikasi nirkabel juga memberikan peluang untuk mengembangkan sistem pemantauan struktur yang mampu mengirimkan data secara real time. (De Angelis et al., 2020) mengembangkan sistem pemantauan struktur berbasis IoT, sedangkan (Ragnoli et al., 2022) membahas arsitektur multiteknologi berbasis LoRaWAN untuk pemantauan lokasi konstruksi. (Qiao et al., 2025) mengkaji penggunaan node sensor LoRa yang tersinkronisasi untuk identifikasi modal pada pemantauan getaran jembatan pejalan kaki. Penelitian-penelitian tersebut memperlihatkan potensi integrasi sensor dan komunikasi nirkabel untuk mendukung pengumpulan data dari berbagai titik. Namun, pemantauan getaran struktur memerlukan perhatian khusus terhadap kualitas data, sinkronisasi pengukuran, dan pengolahan sinyal agar parameter dinamis yang diperoleh dapat digunakan dalam evaluasi struktur.

Kajian mengenai getaran lantai menunjukkan bahwa penilaian kinerja layan (*serviceability*) dipengaruhi oleh karakteristik dinamis struktur dan kondisi penggunaannya. (Karampour et al., 2023) meninjau metode pengukuran, analisis, dan desain getaran lantai kayu serta lantai hibrida. (Aloisio et al., 2024) mengkaji kinerja getaran lantai komposit kayu laminasi silang dan baja melalui pendekatan eksperimental dan numerik. Sementara itu, (Ussher et al., 2022) membahas pengaruh dinding partisi terhadap kinerja layan getaran lantai, sedangkan (Shahabpoor et al., 2024) mengkaji evaluasi getaran lantai dengan mempertimbangkan interaksi manusia, struktur, dan lingkungan. Secara keseluruhan, penelitian tersebut menunjukkan bahwa evaluasi getaran lantai perlu mempertimbangkan berbagai faktor

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Volume 6, Number 03, Oktober 2026
e-ISSN: 2809-476X
https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i03.9774

yang memengaruhi respons struktur, termasuk amplitudo getaran, frekuensi alami, redaman, karakteristik lantai, dan aktivitas pengguna.

Berdasarkan sintesis penelitian-penelitian terdahulu tersebut, terdapat persamaan mendasar berupa pemanfaatan sensor akselerometer berbiaya rendah (baik MEMS maupun smartphone) dan komunikasi nirkabel untuk mendukung pemantauan struktur secara lebih ekonomis dibandingkan sistem konvensional (Crognale et al., 2024; Kang et al., 2023; Lin et al., 2021; Rocha Ribeiro et al., 2023). Namun demikian, penelitian-penelitian tersebut umumnya berfokus pada satu aspek secara terpisah: pengembangan sensor dan protokol komunikasi data (De Angelis et al., 2020; Qiao et al., 2025; Ragnoli et al., 2022) di satu sisi, atau evaluasi kinerja layan getaran lantai melalui pendekatan eksperimental dan numerik tanpa disertai sistem akuisisi data realtime (Aloisio et al., 2024; Karampour et al., 2023; Shahabpoor et al., 2024; Ussher et al., 2022) di sisi lain belum ditemukan penelitian yang memadukan kedua aspek tersebut secara utuh pada objek pelat lantai gedung bertingkat. Kebaharuan penelitian ini terletak pada integrasi akselerometer MEMS, modul akuisisi data Arduino, komunikasi LoRa, dan platform IoT berbasis cloud dalam satu sistem pemantauan getaran pelat lantai yang bersifat real-time, dilengkapi smartphone sebagai perangkat pembanding, serta divalidasi melalui pemodelan numerik SAP2000 kombinasi yang belum diterapkan secara bersamaan pada studi-studi sebelumnya untuk evaluasi kinerja layan pelat lantai gedung bertingkat. Data getaran yang diperoleh direncanakan diolah menggunakan penyaringan sinyal dan analisis spektral untuk memperoleh parameter dinamis, seperti frekuensi alami, rasio redaman, dan amplitudo, sehingga pendekatan ini diharapkan dapat mendukung pengembangan sistem pemantauan yang ekonomis dan beroperasi secara real-time untuk membantu evaluasi kinerja layan pelat lantai gedung bertingkat.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian terapan (applied research) dengan pendekatan kuantitatif-eksperimental yang berfokus pada perancangan, pembangunan, dan pengujian sistem pemantauan getaran pelat lantai gedung bertingkat berbasis Internet of Things (IoT). Alur penelitian disusun secara sistematis, dimulai dari identifikasi masalah dan studi literatur, perancangan sistem monitoring, pengujian prototipe pelat lantai, pengumpulan dan pengolahan data getaran, validasi melalui pemodelan numerik, hingga evaluasi kinerja layan struktur. Tahapan tersebut dirancang untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan mampu merekam, mengirimkan, dan menganalisis data getaran secara real-time serta menghasilkan informasi yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kenyamanan dan kinerja pelat lantai gedung bertingkat.

Sistem monitoring dirancang menggunakan akselerometer Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) sebagai sensor utama, smartphone sebagai perangkat pembanding, Arduino sebagai unit akuisisi data, serta LoRa sebagai media komunikasi nirkabel. Pelaksanaan eksperimen dilakukan pada prototipe pelat lantai berskala laboratorium yang merepresentasikan elemen lantai gedung bertingkat. Getaran pada spesimen dibangkitkan melalui dua skema eksitasi, yaitu uji ketukan tumit (heel-drop test) untuk memperoleh respons getaran bebas (free vibration decay), serta simulasi beban berjalan (simulated walking load) oleh satu hingga tiga orang untuk merepresentasikan eksitasi operasional akibat aktivitas penghuni. Setiap skema eksitasi diulang sebanyak tiga kali pengujian pada tiga titik pengukuran berbeda, yaitu tengah bentang, seperempat bentang, dan dekat tumpuan, guna memperoleh data yang representatif sekaligus memungkinkan identifikasi bentuk mode getaran pelat.

Data primer diperoleh melalui pengujian pada prototipe pelat lantai di laboratorium, sedangkan data sekunder dikumpulkan melalui studi literatur, standar yang relevan, dan penelitian terdahulu. Data percepatan yang terekam dikirimkan ke platform digital berbasis cloud melalui komunikasi LoRa untuk disimpan dan ditampilkan secara real-time. Data hasil pengukuran kemudian melalui tahap prapemrosesan berupa detrending untuk menghilangkan bias dan komponen statis, penyaringan sinyal menggunakan band-pass filter pada rentang 0,5–50 Hz untuk meredam derau frekuensi di luar rentang getaran struktur yang relevan, serta normalisasi untuk mengurangi gangguan dan menyelaraskan data antarsensor.

Analisis sinyal dilakukan menggunakan metode Fast Fourier Transform (FFT), Power Spectral Density (PSD), dan Operational Modal Analysis (OMA) untuk mengidentifikasi frekuensi alami, rasio redaman, dan bentuk mode

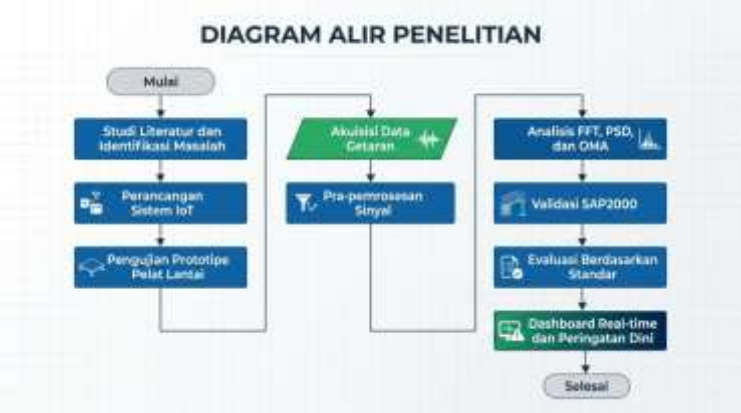
Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Volume 6, Number 03, Oktober 2026
e-ISSN: 2809-476X
https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i03.9774

getaran struktur. Data getaran direkam dengan frekuensi sampling 200 Hz, yang dinilai memadai untuk menangkap frekuensi getaran pelat lantai gedung bertingkat yang umumnya berada pada rentang 1–40 Hz sesuai kriteria Nyquist. Perhitungan PSD dilakukan menggunakan metode Welch dengan panjang jendela (window) 8192 titik data (setara durasi sekitar 41 detik pada frekuensi sampling 200 Hz), jendela Hanning, dan overlap 50%, sehingga diperoleh resolusi frekuensi sebesar ±0,024 Hz (Δf = fs/N). Estimasi rasio redaman dilakukan melalui dua pendekatan yang saling memvalidasi, yaitu metode penurunan logaritmik (logarithmic decrement) dari sinyal hasil uji ketukan tumit, serta metode lebar pita setengah daya (half-power bandwidth method) pada puncak spektrum PSD; hasil keduanya kemudian dibandingkan dengan estimasi redaman dari OMA menggunakan pendekatan Enhanced Frequency Domain Decomposition (EFDD). Parameter tambahan berupa amplitudo puncak, nilai Root Mean Square (RMS), dan Vibration Dose Value (VDV) turut dihitung untuk mendukung evaluasi respons getaran pelat lantai.

Selanjutnya, hasil analisis eksperimental dibandingkan dengan hasil simulasi numerik menggunakan perangkat lunak SAP2000 untuk memeriksa kesesuaian parameter dinamis hasil pengukuran dan pemodelan. Parameter yang telah dianalisis kemudian dievaluasi berdasarkan kriteria kinerja layan (serviceability) serta kenyamanan getaran dengan mengacu pada standar yang relevan, termasuk ISO 10137 dan BS 6472.

Hasil evaluasi disajikan melalui dasbor real-time yang menampilkan grafik riwayat waktu, spektrum frekuensi, dan indikator ambang batas. Sistem juga dirancang untuk memberikan peringatan dini apabila nilai getaran melampaui ambang batas yang telah ditetapkan. Secara keseluruhan, alur penelitian ini diharapkan menghasilkan prototipe sistem monitoring getaran yang ekonomis, terintegrasi, dan dapat mendukung pemantauan pelat lantai gedung bertingkat secara berkelanjutan.



Gambar 1. Alur penelitian sistem monitoring getaran pelat lantai gedung bertingkat berbasis IoT.

HASIL

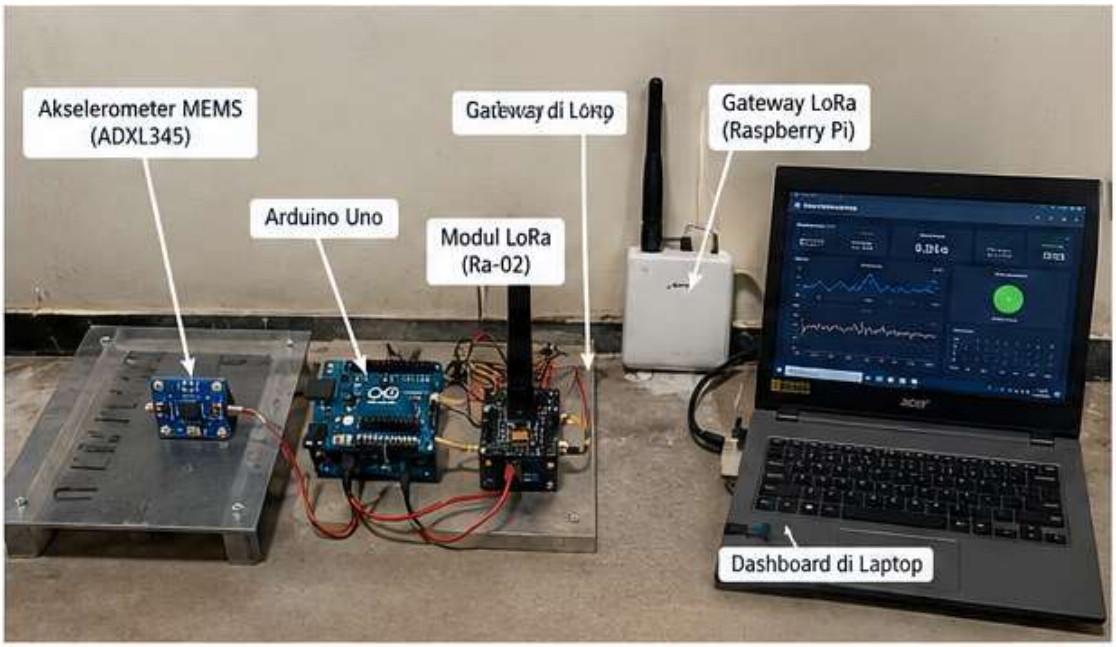
Implementasi sistem pemantauan getaran pelat lantai dilakukan dengan mengintegrasikan akselerometer Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS), unit akuisisi data berbasis Arduino, modul komunikasi Long Range (LoRa), perangkat penerima atau gateway, serta platform penyimpanan dan visualisasi data. Akselerometer MEMS ditempatkan pada titik pengukuran di atas pelat lantai untuk merekam percepatan getaran. Data hasil pembacaan sensor diteruskan ke unit akuisisi untuk dikemas dan dikirimkan melalui modul LoRa menuju perangkat penerima. Selanjutnya, data yang diterima diteruskan ke platform pemantauan agar dapat disimpan dan ditampilkan dalam bentuk informasi numerik maupun grafik.

Pada tahap implementasi, dokumentasi perlu memperlihatkan perangkat yang benar-benar digunakan, hubungan antarkomponen, serta posisi pemasangan sensor pada objek uji. Informasi teknis yang dicantumkan meliputi jenis sensor MEMS, mikrokontroler, modul LoRa, frekuensi sampling, sumber daya, dan perangkat lunak

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

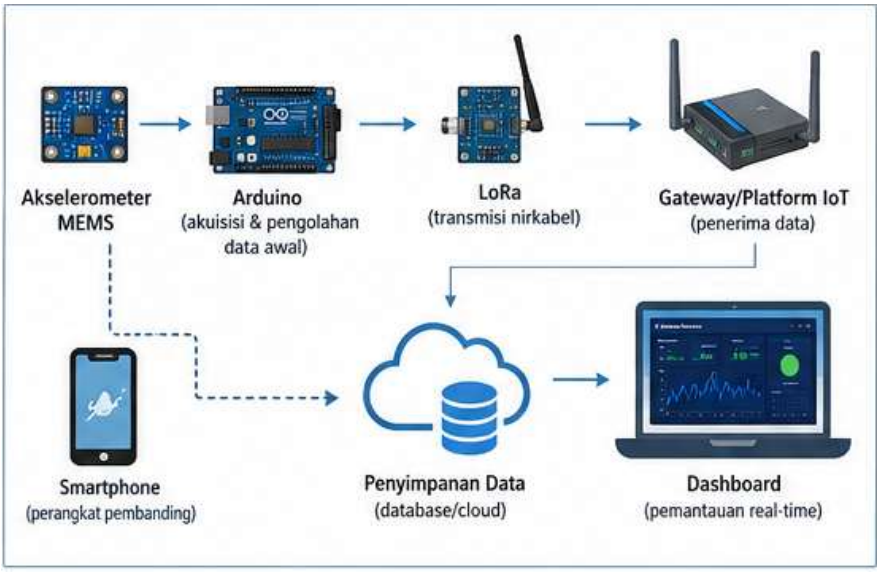
Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Volume 6, Number 03, Oktober 2026
e-ISSN: 2809-476X
https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i03.9774

yang digunakan. Spesifikasi tersebut diperlukan agar konfigurasi sistem dapat direplikasi dan hasil pengujian dapat ditafsirkan sesuai dengan kondisi eksperimen.



Gambar 2. Implementasi prototipe sistem pemantauan getaran pelat lantai

Arsitektur implementasi memperlihatkan aliran data dari sensor hingga dashboard. Berbeda dengan diagram konseptual, diagram pada tahap ini perlu disesuaikan dengan koneksi perangkat yang benar-benar dirakit, termasuk jenis antarmuka sensor, hubungan komunikasi antara mikrokontroler dan modul LoRa, serta jalur pengiriman data dari penerima menuju basis data atau server. Dengan demikian, diagram arsitektur berfungsi sebagai representasi konfigurasi aktual sistem, bukan sekadar rancangan yang direncanakan.

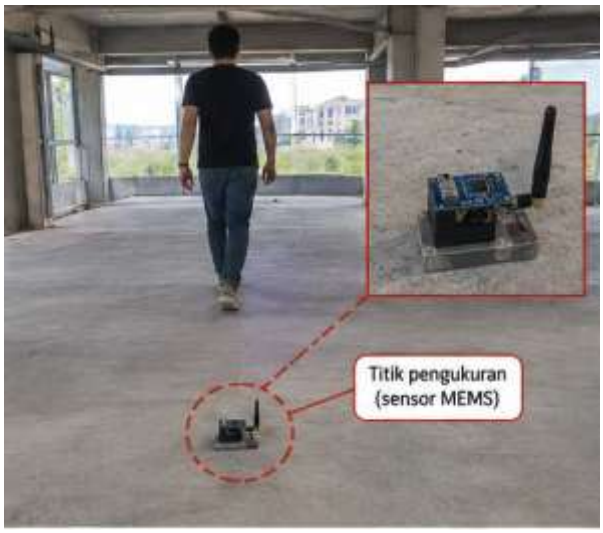


Gambar 3. Arsitektur sistem pemantauan getaran berbasis IoT.

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Volume 6, Number 03, Oktober 2026
e-ISSN: 2809-476X
https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i03.9774

Pengujian akuisisi data dilakukan untuk memastikan bahwa sensor MEMS dapat merekam perubahan percepatan pada pelat lantai selama interval pengamatan. Pengujian dilakukan pada pelat lantai gedung bertingkat dengan sensor MEMS ditempatkan pada bagian tengah pelat lantai sebagai titik pengukuran. Sumber eksitasi getaran berasal dari aktivitas manusia berupa berjalan di atas pelat lantai. Dalam rancangan prosedur pengujian, setiap pengambilan data dilakukan selama 60 detik dengan frekuensi sampling sebesar 100 Hz dan pengujian diulang sebanyak tiga kali. Penempatan sensor pada objek pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.

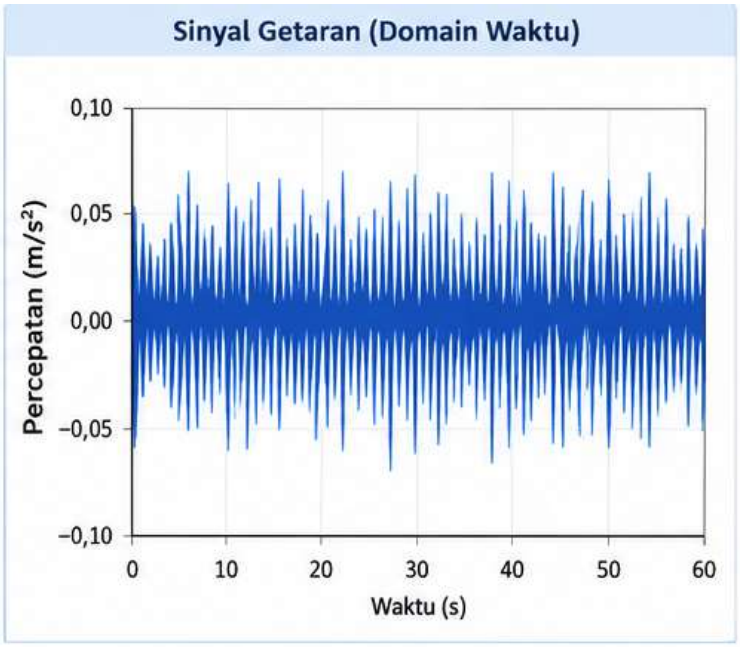


Gambar 4. Objek pengujian dan posisi penempatan sensor MEMS pada pelat lantai.

Data percepatan yang diperoleh dari sensor MEMS selanjutnya direpresentasikan dalam bentuk riwayat waktu (time history) untuk memperlihatkan perubahan respons getaran selama proses pengukuran. Representasi sinyal pada domain waktu digunakan untuk mengamati karakteristik perubahan percepatan terhadap waktu, termasuk pola osilasi dan variasi amplitudo yang terjadi selama aktivitas pengujian. Hasil perekaman sinyal getaran dalam domain waktu ditunjukkan pada Gambar 5.

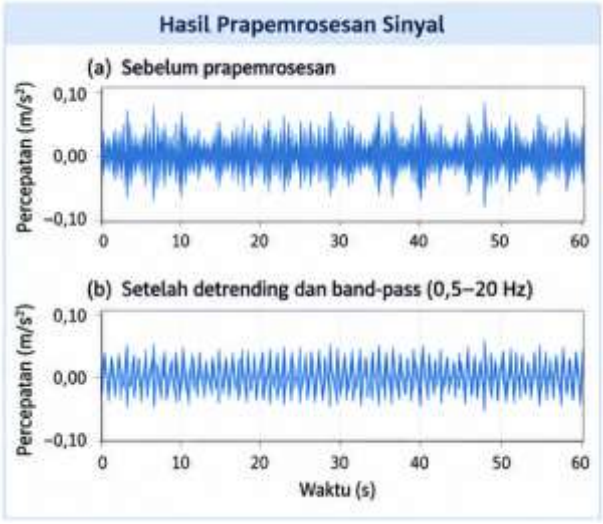
Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Volume 6, Number 03, Oktober 2026
e-ISSN: 2809-476X
https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i03.9774



Gambar 5. Representasi riwayat waktu sinyal percepatan getaran pelat lantai.

Sebelum dilakukan analisis pada domain frekuensi, data percepatan diperiksa untuk mengidentifikasi kemungkinan nilai hilang, gangguan sinyal, dan komponen tren yang dapat memengaruhi hasil analisis. Tahap prapemrosesan dilakukan melalui proses detrending untuk menghilangkan komponen tren pada sinyal, kemudian dilanjutkan dengan penerapan band-pass filter pada rentang frekuensi 0,5–20 Hz. Proses tersebut bertujuan mempertahankan komponen frekuensi yang menjadi fokus pengamatan sekaligus mengurangi komponen sinyal di luar rentang analisis. Perbandingan kondisi sinyal sebelum dan sesudah prapemrosesan ditampilkan pada Gambar 6.



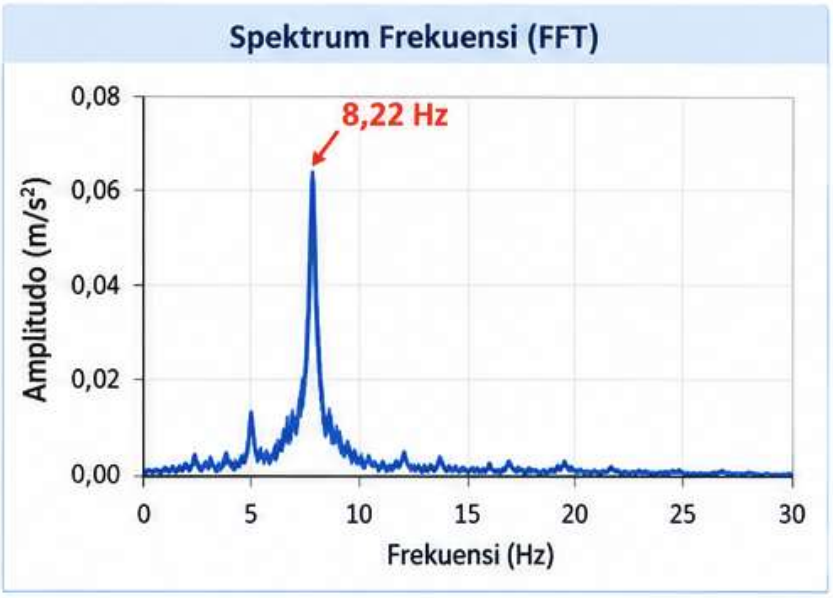
Gambar 6. Perbandingan sinyal getaran sebelum dan sesudah proses prapemrosesan.

Setelah melalui tahap prapemrosesan, data percepatan dianalisis menggunakan metode Fast Fourier Transform (FFT) untuk mengidentifikasi karakteristik getaran pada domain frekuensi. Analisis FFT dilakukan dengan mengubah

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Volume 6, Number 03, Oktober 2026
e-ISSN: 2809-476X
https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i03.9774

representasi sinyal dari domain waktu menjadi domain frekuensi sehingga komponen frekuensi dominan dapat diketahui. Berdasarkan hasil pengukuran sensor MEMS, frekuensi dominan yang diperoleh adalah sebesar 8,22 Hz. Nilai tersebut menunjukkan frekuensi dengan komponen amplitudo paling dominan pada sinyal hasil pengukuran. Hasil analisis spektrum frekuensi ditampilkan pada Gambar 7.

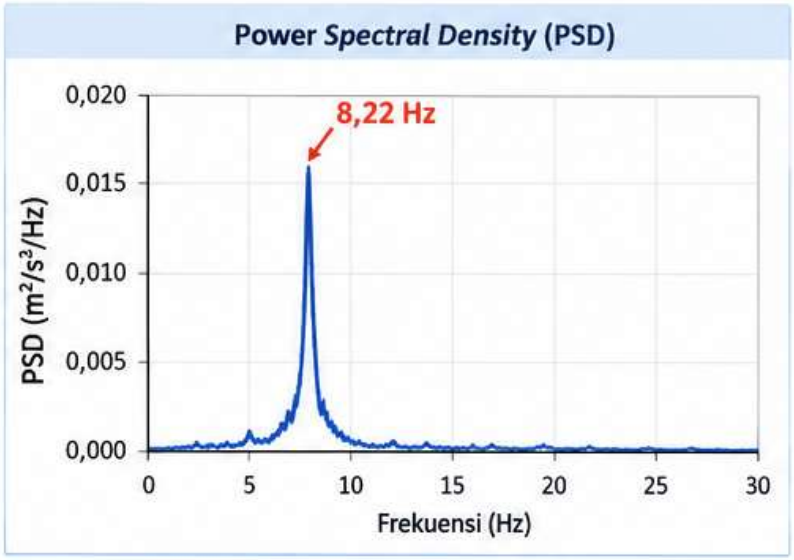


Gambar 7. Spektrum frekuensi hasil analisis FFT dengan frekuensi dominan 8,22 Hz.

Selain menggunakan FFT, karakteristik frekuensi getaran juga dapat diamati melalui analisis Power Spectral Density (PSD). Analisis PSD digunakan untuk menggambarkan distribusi energi sinyal terhadap frekuensi sehingga komponen frekuensi yang memiliki konsentrasi energi terbesar dapat diidentifikasi. Hasil analisis menunjukkan puncak spektrum pada frekuensi 8,22 Hz, yang sejalan dengan frekuensi dominan hasil analisis FFT. Kesamaan tersebut memperkuat identifikasi frekuensi dominan berdasarkan kedua pendekatan analisis sinyal. Hasil analisis PSD ditampilkan pada Gambar 8.

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Volume 6, Number 03, Oktober 2026
e-ISSN: 2809-476X
https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i03.9774



Gambar 8. Hasil analisis Power Spectral Density (PSD) dengan puncak energi pada frekuensi 8,22 Hz.

Untuk mengetahui kesesuaian hasil pengukuran sensor MEMS, dilakukan perbandingan dengan pengukuran menggunakan smartphone dan hasil pemodelan struktur menggunakan SAP2000. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sensor MEMS menghasilkan frekuensi sebesar 8,22 Hz, smartphone sebesar 8,36 Hz, dan SAP2000 sebesar 8,49 Hz. Selisih antara hasil pengukuran sensor MEMS dan smartphone adalah 0,14 Hz, sedangkan selisih terhadap hasil pemodelan SAP2000 adalah 0,27 Hz. Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa hasil pengukuran sensor MEMS memiliki kedekatan nilai terhadap kedua metode pembanding.

Tabel 1. Perbandingan hasil pengukuran frekuensi getaran

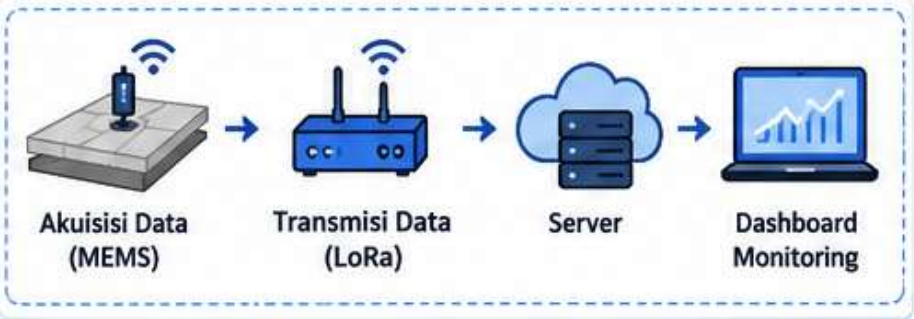
No.	Perangkat/Metode	Frekuensi (Hz)
1	Sensor MEMS	8,22
2	Smartphone	8,36
3	SAP2000	8,49

Berdasarkan perbandingan tersebut, selisih relatif frekuensi sensor MEMS terhadap smartphone sebesar 1,67%, sedangkan terhadap SAP2000 sebesar 3,18%. Hasil ini menunjukkan adanya kedekatan antara frekuensi hasil pengukuran sensor MEMS dengan frekuensi pembanding. Meskipun demikian, perbedaan nilai masih dapat dipengaruhi oleh kondisi pengujian, karakteristik sensor, posisi pemasangan, serta perbedaan pendekatan antara pengukuran langsung dan pemodelan numerik.

Data getaran yang diperoleh dari sensor MEMS selanjutnya diproses dan dikirimkan melalui modul komunikasi LoRa menuju sistem penerima. Data yang diterima diteruskan ke server untuk disimpan dan ditampilkan melalui dashboard pemantauan. Alur tersebut memungkinkan proses akuisisi, transmisi, penyimpanan, dan visualisasi data dilakukan secara terintegrasi. Arsitektur sistem pemantauan getaran berbasis Internet of Things ditunjukkan pada Gambar 9.

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Volume 6, Number 03, Oktober 2026
e-ISSN: 2809-476X
https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i03.9774



Gambar 9. Alur sistem pemantauan getaran pelat lantai berbasis Internet of Things.

Pengujian kinerja komunikasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan modul LoRa dalam mengirimkan data hasil pengukuran sensor MEMS dari perangkat pengirim menuju perangkat penerima. Pengujian ini bertujuan mengevaluasi keberhasilan transmisi data berdasarkan jumlah paket yang dikirimkan, jumlah paket yang berhasil diterima, jumlah paket yang hilang, Packet Delivery Ratio (PDR), packet loss, dan waktu tunda (latency). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sebanyak 500 paket data dikirimkan melalui modul LoRa, dengan 493 paket berhasil diterima dan 7 paket mengalami kehilangan selama proses transmisi. Nilai PDR diperoleh dari perbandingan jumlah paket yang berhasil diterima dengan jumlah paket yang dikirimkan. Berdasarkan hasil pengujian, nilai PDR mencapai 98,6%, sedangkan persentase packet loss sebesar 1,4%. Selain itu, rata-rata waktu tunda pengiriman data tercatat sebesar 1,4 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar paket data berhasil diterima oleh perangkat penerima selama pengujian berlangsung.

Tabel 2. Hasil pengujian komunikasi LoRa

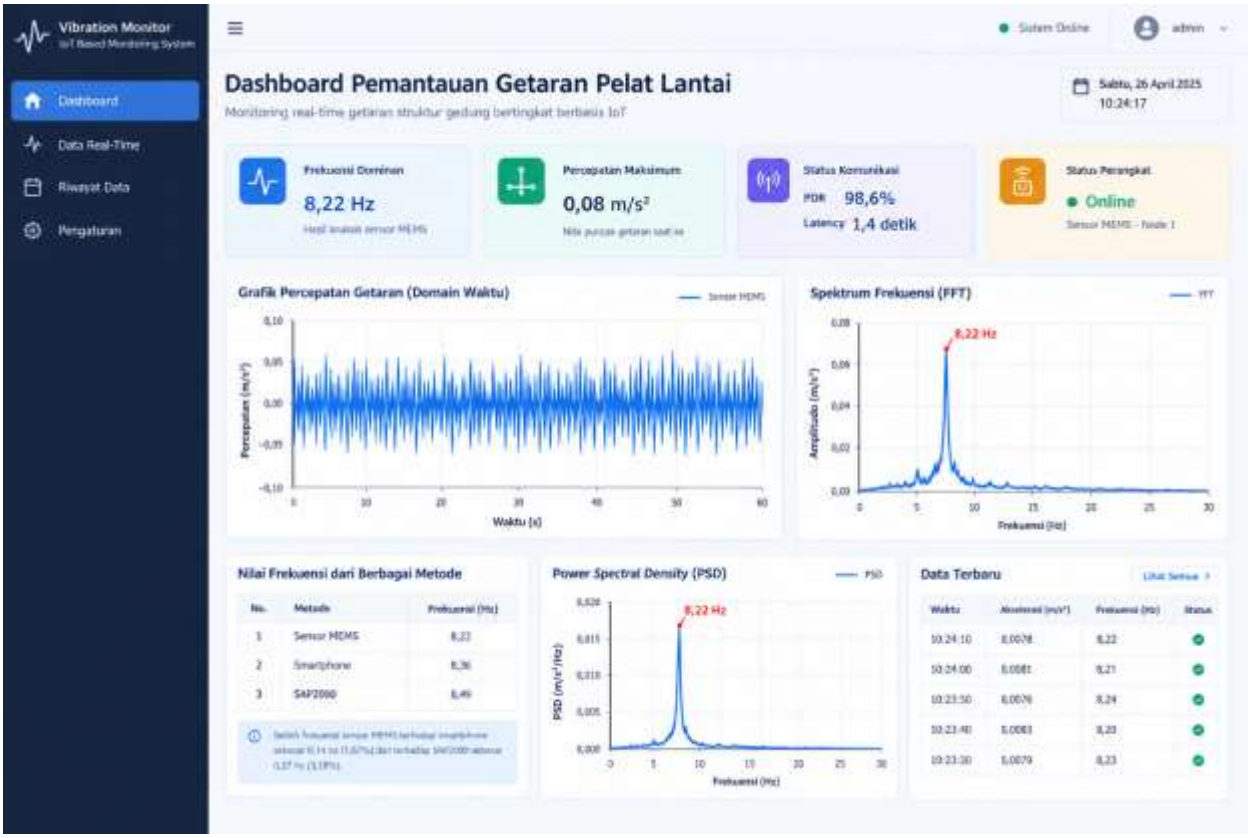
No.	Parameter Pengujian	Hasil
1	Jumlah paket dikirim	500 paket
2	Jumlah paket diterima	493 paket
3	Jumlah paket hilang	7 paket
4	Packet Delivery Ratio (PDR)	98,6%
5	Packet Loss	1,4%
6	Rata-rata latency	1,4 detik

Berdasarkan Tabel 2, sistem komunikasi LoRa menghasilkan tingkat keberhasilan pengiriman paket sebesar 98,6%. Persentase kehilangan paket sebesar 1,4% menunjukkan bahwa terdapat sebagian kecil data yang tidak berhasil diterima selama proses transmisi. Sementara itu, rata-rata latency sebesar 1,4 detik menggambarkan waktu tunda pengiriman data pada kondisi pengujian yang dilakukan. Hasil ini menunjukkan bahwa komunikasi LoRa dapat mendukung proses pengiriman data pada sistem pemantauan getaran. Meskipun demikian, pengujian pada variasi jarak, kondisi penghalang, dan lingkungan transmisi yang berbeda masih diperlukan untuk mengetahui keandalan komunikasi dalam kondisi operasional yang lebih luas.

Data hasil pengukuran yang berhasil diterima oleh perangkat penerima selanjutnya diteruskan ke server untuk disimpan dan ditampilkan melalui dashboard pemantauan. Dashboard berfungsi sebagai antarmuka bagi pengguna untuk mengamati informasi hasil pengukuran getaran secara terstruktur. Informasi yang ditampilkan mencakup data hasil akuisisi sensor, nilai percepatan, frekuensi getaran, serta riwayat pengukuran. Penyajian data dalam bentuk visual memudahkan pengguna dalam mengamati perubahan kondisi getaran pelat lantai berdasarkan hasil pengukuran sensor MEMS.

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Volume 6, Number 03, Oktober 2026
e-ISSN: 2809-476X
https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i03.9774



Gambar 10. Tampilan dashboard pemantauan

Gambar 10 memperlihatkan rancangan tampilan dashboard yang digunakan untuk menyajikan informasi hasil pemantauan getaran. Melalui tampilan tersebut, data hasil pengukuran dapat diamati tanpa harus membaca data mentah yang dikirimkan oleh sensor. Penyajian informasi secara terpusat juga mendukung proses pemantauan dan dokumentasi hasil pengukuran. Dengan demikian, dashboard menjadi bagian penting dalam sistem karena menghubungkan proses akuisisi dan transmisi data dengan kebutuhan pengguna dalam menginterpretasikan hasil pemantauan.

Evaluasi kinerja dilakukan dengan menggabungkan hasil pengujian akuisisi data, analisis frekuensi, perbandingan hasil pengukuran, dan pengujian komunikasi LoRa. Evaluasi ini bertujuan mengetahui kemampuan sistem dalam menjalankan fungsi utama, yaitu merekam getaran pelat lantai, mengidentifikasi frekuensi dominan, mengirimkan data, dan menyajikan hasil pengukuran melalui dashboard.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sensor MEMS menghasilkan frekuensi dominan sebesar 8,22 Hz. Nilai tersebut memiliki selisih sebesar 0,14 Hz terhadap pengukuran smartphone sebesar 8,36 Hz dan selisih sebesar 0,27 Hz terhadap hasil pemodelan SAP2000 sebesar 8,49 Hz. Selisih relatif terhadap smartphone sebesar 1,67%, sedangkan terhadap SAP2000 sebesar 3,18%. Kedekatan nilai tersebut menunjukkan bahwa hasil pengukuran sensor MEMS memiliki kesesuaian terhadap kedua nilai pembanding dalam pengujian ini.

Dari aspek komunikasi, sistem menghasilkan PDR sebesar 98,6%, packet loss sebesar 1,4%, dan rata-rata latency sebesar 1,4 detik. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa sistem mampu mengirimkan sebagian besar data hasil pengukuran menuju perangkat penerima. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem telah mengintegrasikan proses akuisisi data menggunakan sensor MEMS, transmisi melalui LoRa, dan penyajian informasi melalui dashboard.

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Volume 6, Number 03, Oktober 2026
e-ISSN: 2809-476X
https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i03.9774

Tabel 3. Ringkasan evaluasi kinerja sistem pemantauan getaran

No.	Aspek Evaluasi	Parameter	Hasil
1	Akuisisi data	Frekuensi sensor MEMS	8,22 Hz
2	Perbandingan pengukuran	Frekuensi smartphone	8,36 Hz
3	Perbandingan pemodelan	Frekuensi SAP2000	8,49 Hz
4	Komunikasi data	Packet Delivery Ratio	98,6%
5	Komunikasi data	Packet Loss	1,4%
6	Komunikasi data	Rata-rata latency	1,4 detik

Berdasarkan Tabel 3, sistem menunjukkan hasil pengukuran frekuensi yang berdekatan dengan nilai pembanding serta tingkat keberhasilan transmisi data yang tinggi pada kondisi pengujian. Temuan ini menunjukkan potensi penerapan sistem sebagai perangkat pemantauan getaran pelat lantai gedung bertingkat berbasis Internet of Things. Namun, sistem ini masih perlu diuji lebih lanjut menggunakan variasi kondisi pembebanan, lokasi pemasangan sensor, jarak komunikasi, dan durasi pemantauan yang lebih panjang. Pengujian lanjutan tersebut diperlukan untuk mengetahui konsistensi hasil pengukuran dan keandalan sistem apabila diterapkan pada kondisi gedung yang sebenarnya.

Evaluasi kinerja sistem dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menjalankan fungsi pemantauan getaran pelat lantai gedung bertingkat secara terintegrasi. Evaluasi mencakup tiga aspek utama, yaitu kemampuan sensor MEMS dalam mengakuisisi data getaran, kemampuan komunikasi LoRa dalam mentransmisikan data, serta kemampuan dashboard dalam menyajikan informasi hasil pengukuran. Ketiga aspek tersebut menjadi dasar untuk menilai keterpaduan sistem yang dikembangkan.

Berdasarkan hasil pengujian akuisisi data, sensor MEMS menghasilkan frekuensi dominan sebesar 8,22 Hz. Nilai tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan smartphone sebesar 8,36 Hz dan hasil pemodelan SAP2000 sebesar 8,49 Hz. Selisih frekuensi sensor MEMS terhadap smartphone adalah 0,14 Hz atau 1,67%, sedangkan terhadap SAP2000 sebesar 0,27 Hz atau 3,18%. Kedekatan nilai tersebut menunjukkan bahwa hasil pengukuran sensor MEMS memiliki kesesuaian terhadap kedua metode pembanding pada kondisi pengujian yang dilakukan. Meskipun demikian, hasil ini belum dapat digunakan untuk menyatakan akurasi sensor secara menyeluruh karena masih diperlukan pengujian menggunakan instrumen referensi yang terkalibrasi.

Dari aspek komunikasi data, pengujian menggunakan modul LoRa menunjukkan bahwa dari 500 paket yang dikirimkan, sebanyak 493 paket berhasil diterima dan 7 paket mengalami kehilangan. Hasil tersebut menghasilkan Packet Delivery Ratio (PDR) sebesar 98,6% dan packet loss sebesar 1,4%, dengan rata-rata latency sebesar 1,4 detik. Tingkat keberhasilan pengiriman tersebut menunjukkan bahwa komunikasi LoRa mampu mendukung proses transmisi data hasil pengukuran pada kondisi pengujian yang dilakukan. Namun, pengujian dengan variasi jarak dan kondisi lingkungan masih diperlukan untuk mengetahui konsistensi kinerja komunikasi.

Pada aspek visualisasi, dashboard berfungsi menyajikan data hasil pengukuran dalam bentuk informasi yang lebih mudah diamati. Data frekuensi dominan, percepatan, status komunikasi, dan riwayat pengukuran disajikan melalui antarmuka pemantauan. Integrasi tersebut memungkinkan pengguna mengamati informasi hasil pengukuran melalui satu platform tanpa harus mengolah data mentah secara manual. Dengan demikian, dashboard mendukung proses interpretasi data dan dokumentasi hasil pemantauan getaran.

Tabel 4. Rekapitulasi evaluasi kinerja sistem pemantauan getaran

No.	Aspek Evaluasi	Parameter	Hasil Pengujian
1	Akuisisi data	Frekuensi sensor MEMS	8,22 Hz
2	Pembanding pengukuran	Frekuensi smartphone	8,36 Hz
3	Pembanding pemodelan	Frekuensi SAP2000	8,49 Hz
4	Perbandingan frekuensi	Selisih MEMS–smartphone	0,14 Hz

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Volume 6, Number 03, Oktober 2026
e-ISSN: 2809-476X
https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i03.9774

5	Perbandingan frekuensi	Selisih MEMS–SAP2000	0,27 Hz
6	Komunikasi LoRa	Paket data dikirim	500 paket
7	Komunikasi LoRa	Paket data diterima	493 paket
8	Komunikasi LoRa	Paket data hilang	7 paket
9	Komunikasi LoRa	PDR	98,6%
10	Komunikasi LoRa	Packet loss	1,4%
11	Komunikasi LoRa	Rata-rata latency	1,4 detik
12	Visualisasi	Penyajian data melalui dashboard	Terintegrasi

Berdasarkan Tabel 4, sistem telah menunjukkan keterpaduan fungsi akuisisi, transmisi, dan visualisasi data. Sensor MEMS mampu menghasilkan informasi frekuensi getaran yang berdekatan dengan hasil pembanding, sedangkan komunikasi LoRa menunjukkan tingkat keberhasilan transmisi sebesar 98,6%. Data yang diterima selanjutnya dapat disajikan melalui dashboard sebagai informasi pemantauan. Hasil evaluasi ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan berpotensi menjadi perangkat pendukung pemantauan getaran pelat lantai gedung bertingkat berbasis Internet of Things.

Meskipun demikian, sistem ini masih memiliki ruang pengembangan, terutama dalam pengujian pada berbagai titik pemasangan sensor, variasi pembebanan, dan kondisi komunikasi yang berbeda. Selain itu, diperlukan pengujian jangka panjang untuk mengetahui kestabilan hasil pengukuran dan konsistensi transmisi data. Oleh karena itu, sistem yang dikembangkan dapat diposisikan sebagai perangkat pendukung pemantauan getaran, bukan sebagai pengganti pemeriksaan struktural atau sistem evaluasi keamanan bangunan yang telah memenuhi standar teknis.

PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MEMS memperoleh frekuensi getaran sebesar 8,22 Hz. Nilai tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan smartphone sebesar 8,36 Hz dan hasil pemodelan struktur menggunakan SAP2000 sebesar 8,49 Hz. Perbandingan ketiga hasil tersebut menunjukkan bahwa frekuensi yang diperoleh sensor MEMS memiliki nilai yang relatif berdekatan dengan kedua metode pembanding. Selisih frekuensi antara sensor MEMS dan smartphone sebesar 0,14 Hz, sedangkan selisih antara sensor MEMS dan SAP2000 sebesar 0,27 Hz. Jika dihitung berdasarkan nilai masing-masing metode pembanding, perbedaan relatif frekuensi sensor MEMS terhadap smartphone sebesar 1,67% dan terhadap SAP2000 sebesar 3,18%.

Tabel 5. Perbandingan hasil pengukuran frekuensi getaran

Metode pengukuran	Frekuensi (Hz)	Selisih terhadap MEMS (Hz)	Perbedaan relatif
Sensor MEMS	8,22	–	–
Smartphone	8,36	0,14	1,67%
SAP2000	8,49	0,27	3,18%

Perbedaan nilai frekuensi tersebut menunjukkan adanya variasi hasil antara pengukuran menggunakan sensor MEMS, smartphone, dan pemodelan SAP2000. Hasil pengukuran MEMS lebih dekat dengan hasil smartphone dibandingkan dengan hasil SAP2000. Kondisi ini dapat dipahami karena pengukuran menggunakan sensor MEMS dan smartphone diperoleh melalui perangkat pengukuran, sedangkan SAP2000 menghasilkan nilai berdasarkan model numerik struktur. Perbedaan karakteristik pengukuran dan pemodelan tersebut perlu diperhatikan ketika membandingkan hasil frekuensi. Meskipun demikian, selisih relatif yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai frekuensi sensor MEMS berada cukup dekat dengan kedua nilai pembanding. Temuan ini memberikan indikasi awal bahwa sensor MEMS dapat digunakan untuk memperoleh informasi frekuensi getaran pelat lantai. Namun, kedekatan nilai tersebut belum dapat diartikan sebagai akurasi absolut sensor karena belum terdapat hasil pembandingan dengan instrumen referensi yang terkalibrasi.

Pengujian komunikasi LoRa dilakukan untuk mengetahui keberhasilan pengiriman data dari perangkat pemantauan menuju perangkat penerima. Berdasarkan hasil pengujian, sebanyak 500 paket data dikirimkan dan 493 paket berhasil diterima, sedangkan tujuh paket tidak berhasil diterima. Hasil tersebut menghasilkan Packet Delivery

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Volume 6, Number 03, Oktober 2026
e-ISSN: 2809-476X
https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i03.9774

Ratio (PDR) sebesar 98,6% dan packet loss sebesar 1,4%. Nilai PDR menunjukkan bahwa sebagian besar paket yang dikirimkan berhasil diterima oleh perangkat tujuan. Sementara itu, persentase kehilangan paket sebesar 1,4% menunjukkan bahwa masih terdapat sebagian kecil data yang tidak berhasil diterima selama pengujian.

Tabel 6. Hasil pengujian komunikasi LoRa

Parameter	Hasil pengujian
Jumlah paket dikirim	500 paket
Jumlah paket diterima	493 paket
Jumlah paket hilang	7 paket
Packet Delivery Ratio (PDR)	98,6%
Packet loss	1,4%
Rata-rata latency	1,4 detik

Berdasarkan hasil tersebut, komunikasi LoRa menunjukkan tingkat keberhasilan penerimaan paket yang tinggi pada kondisi pengujian yang dilakukan. Namun, keberadaan tujuh paket yang hilang menunjukkan bahwa proses transmisi belum sepenuhnya bebas dari kehilangan data. Dalam sistem pemantauan getaran, kehilangan paket perlu diperhatikan karena dapat memengaruhi kelengkapan informasi yang diterima, khususnya apabila data digunakan untuk mengamati perubahan sinyal secara berurutan. Selain itu, rata-rata latency sebesar 1,4 detik menunjukkan adanya jeda waktu dalam proses pengiriman dan penerimaan data. Nilai ini menjadi salah satu indikator kinerja komunikasi yang perlu dipertimbangkan dalam penerapan sistem pemantauan. Dengan demikian, hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi LoRa telah mampu mengirimkan sebagian besar paket data dengan tingkat kehilangan yang relatif kecil, meskipun keandalan transmisi pada kondisi jarak dan lingkungan yang berbeda belum dapat disimpulkan dari pengujian ini.

Hasil pengujian frekuensi dan komunikasi data menunjukkan bahwa sistem telah mengintegrasikan proses pengukuran getaran menggunakan sensor MEMS dengan mekanisme pengiriman data melalui komunikasi LoRa. Sensor MEMS menghasilkan nilai frekuensi sebesar 8,22 Hz, sedangkan proses komunikasi LoRa berhasil menerima 493 dari 500 paket yang dikirimkan. Kedua hasil tersebut memperlihatkan bahwa sistem telah mampu menjalankan fungsi pengukuran dan transmisi data pada kondisi pengujian yang dilakukan. Integrasi kedua fungsi tersebut menjadi bagian penting dalam pengembangan sistem pemantauan getaran berbasis Internet of Things karena informasi hasil pengukuran dapat dikirimkan menuju perangkat penerima untuk selanjutnya disajikan melalui antarmuka pemantauan.

Dari sisi kinerja sistem, hasil pengukuran frekuensi memberikan informasi mengenai karakteristik getaran yang terdeteksi oleh sensor, sedangkan hasil pengujian LoRa memberikan gambaran mengenai keberhasilan pengiriman informasi tersebut. Kedua parameter tersebut memiliki fungsi evaluasi yang berbeda. Nilai frekuensi sebesar 8,22 Hz berkaitan dengan hasil pengukuran getaran, sedangkan PDR sebesar 98,6% berkaitan dengan keberhasilan komunikasi data. Oleh karena itu, nilai PDR tidak dapat digunakan untuk menyatakan tingkat akurasi sensor MEMS. Demikian pula, kedekatan frekuensi MEMS dengan hasil smartphone dan SAP2000 tidak secara langsung menunjukkan keberhasilan transmisi data. Pemisahan kedua aspek evaluasi ini diperlukan agar penilaian terhadap kinerja sistem tidak hanya didasarkan pada satu parameter.

Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian, sistem pemantauan getaran yang dikembangkan telah menunjukkan kemampuan dalam memperoleh informasi frekuensi getaran dan mengirimkan data melalui komunikasi LoRa. Nilai frekuensi sensor MEMS sebesar 8,22 Hz memiliki selisih relatif sebesar 1,67% terhadap smartphone dan 3,18% terhadap SAP2000. Sementara itu, pengujian komunikasi menghasilkan PDR sebesar 98,6%, packet loss sebesar 1,4%, dan rata-rata latency sebesar 1,4 detik. Hasil tersebut menjadi bukti empiris awal bahwa sistem dapat menjalankan fungsi pengukuran dan komunikasi data sesuai dengan parameter yang diuji.

Meskipun demikian, hasil penelitian ini masih memiliki keterbatasan dalam cakupan evaluasi. Data yang tersedia belum cukup untuk menyimpulkan kemampuan sistem dalam mendeteksi kerusakan struktur atau

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Volume 6, Number 03, Oktober 2026
e-ISSN: 2809-476X
https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i03.9774

menentukan tingkat keamanan gedung. Selain itu, hasil pengujian komunikasi belum menggambarkan kinerja LoRa pada seluruh variasi jarak dan kondisi lingkungan. Oleh karena itu, sistem yang dikembangkan lebih tepat diposisikan sebagai perangkat pemantauan awal untuk memperoleh dan menyajikan informasi getaran pelat lantai. Pengembangan berikutnya dapat diarahkan pada pengujian menggunakan instrumen referensi terkalibrasi, pengulangan pengukuran, serta evaluasi komunikasi pada variasi jarak dan kondisi lingkungan untuk memperoleh gambaran kinerja sistem yang lebih menyeluruh.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, sistem pemantauan getaran pelat lantai gedung bertingkat berbasis Internet of Things berhasil dikembangkan dengan mengintegrasikan sensor MEMS, mikrokontroler, komunikasi LoRa, dan dashboard pemantauan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sensor MEMS memperoleh frekuensi dominan sebesar 8,22 Hz, sedangkan pengukuran menggunakan smartphone menghasilkan frekuensi sebesar 8,36 Hz dan pemodelan struktur menggunakan SAP2000 menghasilkan frekuensi sebesar 8,49 Hz. Perbedaan frekuensi sensor MEMS terhadap smartphone sebesar 0,14 Hz (1,67%), sedangkan terhadap SAP2000 sebesar 0,27 Hz (3,18%). Hasil tersebut menunjukkan bahwa frekuensi yang diperoleh sensor MEMS memiliki kedekatan dengan kedua metode pembanding sehingga dapat digunakan untuk memperoleh informasi awal mengenai karakteristik getaran pelat lantai.

Pengujian komunikasi LoRa menunjukkan bahwa dari 500 paket data yang dikirimkan, sebanyak 493 paket berhasil diterima dan tujuh paket mengalami kehilangan data. Hasil tersebut menghasilkan Packet Delivery Ratio (PDR) sebesar 98,6%, packet loss sebesar 1,4%, dan rata-rata latency sebesar 1,4 detik. Capaian tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan transmisi sebagian besar data pengukuran dengan tingkat keberhasilan penerimaan paket yang tinggi pada kondisi pengujian. Secara keseluruhan, hasil pengujian membuktikan bahwa sistem telah mampu menjalankan fungsi akuisisi frekuensi getaran dan transmisi data melalui LoRa sebagai bagian dari mekanisme pemantauan berbasis Internet of Things. Meskipun demikian, hasil penelitian ini masih terbatas pada parameter yang telah diuji dan belum dapat digunakan untuk menyimpulkan kemampuan sistem dalam mendeteksi kerusakan maupun menentukan tingkat keamanan struktur gedung. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan telah menunjukkan kinerja awal secara kuantitatif sebagai perangkat pemantauan getaran pelat lantai..

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penyusunan penelitian mengenai perancangan sistem pemantauan getaran pelat lantai gedung bertingkat berbasis Internet of Things (IoT). Apresiasi disampaikan kepada dosen pembimbing atas arahan dan masukan yang diberikan, serta kepada pihak-pihak yang mendukung proses perencanaan dan pengembangan sistem penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pengelola Perpustakaan Daerah Kabupaten Bombana atas dukungan tempat yang direncanakan sebagai lokasi penelitian. Penelitian ini disusun sebagai bagian dari kegiatan akademik.

REFERENSI

Aloisio, A., Pasca, D. P., Owolabi, D., & Loss, C. (2024). Vibration serviceability of hybrid CLT-steel composite floors based on experimental and numerical investigations using random walk models. *Engineering Structures*, *304*, 117600. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2024.117600

Crognale, M., Rinaldi, C., Potenza, F., Gattulli, V., Colarieti, A., & Franchi, F. (2024). Developing and Testing High-Performance SHM Sensors Mounting Low-Noise MEMS Accelerometers. *Sensors*, *24*(8), 2435. https://doi.org/10.3390/s24082435

De Angelis, A., Santoni, F., Carbone, P., Cecconi, M., Vecchietti, A., & Di Lorenzo, F. (2020). Development of an IoT Structural Monitoring System Applied to a Hypogeal Site. *Sensors*, *20*(23), 6769. https://doi.org/10.3390/s20236769

Kang, J.-D., Baek, E.-R., & Park, S.-H. (2023). Evaluation of Vibration Detection Using Smartphones in a Two-Story Masonry-Infilled RC Frame Building. *Buildings*, *13*(4), 1069. https://doi.org/10.3390/buildings13041069

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer
Volume 6, Number 03, Oktober 2026
e-ISSN: 2809-476X
https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i03.9774

Karampour, H., Piran, F., Faircloth, A., Talebian, N., & Miller, D. (2023). Vibration of Timber and Hybrid Floors: A Review of Methods of Measurement, Analysis, and Design. *Buildings*, *13*(7), 1756. https://doi.org/10.3390/buildings13071756

Lin, J.-F., Li, X.-Y., Wang, J., Wang, L.-X., Hu, X.-X., & Liu, J.-X. (2021). Study of Building Safety Monitoring by Using Cost-Effective MEMS Accelerometers for Rapid After-Earthquake Assessment with Missing Data. *Sensors*, *21*(21), 7327. https://doi.org/10.3390/s21217327

Qiao, H., Guan, H., Jabbour, A., & Zhu, Y. (2025). Synchronous LoRa sensor nodes for modal identification in footbridge vibration monitoring. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, *15*(2), 697–716. https://doi.org/10.1007/s13349-024-00864-z

Ragnoli, M., Colaiuda, D., Leoni, A., Ferri, G., Barile, G., Rotilio, M., Laurini, E., De Berardinis, P., & Stornelli, V. (2022). A LoRaWAN Multi-Technological Architecture for Construction Site Monitoring. *Sensors*, *22*(22), 8685. https://doi.org/10.3390/s22228685

Rocha Ribeiro, R., De Almeida Sobral, R., Cavalcante, I. B., Conte Mendes Veloso, L. A., & De Melo Lameiras, R. (2023). A Low-Cost Wireless Multinode Vibration Monitoring System for Civil Structures. *Structural Control and Health Monitoring*, *2023*, 1–16. https://doi.org/10.1155/2023/5240059

Shahabpoor, E., Berari, B., & Pavic, A. (2024). Vibration Serviceability Assessment of Floor Structures: Simulation of Human–Structure–Environment Interactions Using Agent-Based Modeling. *Sensors*, *25*(1), 126. https://doi.org/10.3390/s25010126

Ussher, E., Arjomandi, K., & Smith, I. (2022). Status of vibration serviceability design methods for lightweight timber floors. *Journal of Building Engineering*, *50*, 104111. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104111

Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).