



Pengaruh getaran kereta api terhadap bangunan sekitar jalur rel kereta api Natar-Panjang di Bandar Lampung

Imelda Margaretha Tobing^{a,*}, Fikri Alami^b, Amril Ma'ruf Siregar^c

^a Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

^b Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

^c Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

HIGHLIGHTS

- Kereta api bermuatan batubara memberikan pengaruh getaran terhadap bangunan yang ada disekitar jalur rel kereta api sehingga banyak rumah penduduk yang mengalami retak.
- Hasil penelitian memperoleh nilai percepatan (*acceleration*) dan *displacement* pada bangunan di sekitar rel kereta api.

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima 27 September 20223

Diterima setelah diperbaiki 25 Oktober 2023

Diterima untuk diterbitkan 29 Nopember 2023

Tersedia secara *online* 01 Desember 2023

Kata kunci:

Getaran kereta api,
metode elemen hingga,
percepatan,
perpindahan.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh getaran kereta api dan mengevaluasi bangunan di sekitar rel kereta api akibat percepatan getaran kereta api. Pengujian dilakukan menggunakan sensor akselerometer untuk mendeteksi getaran yang terjadi pada struktur bangunan di sekitar jalan rel KM 11+200 antara stasiun Garuntang-Panjang di Kota Bandar Lampung akibat beban dinamis kereta api. Hasil perekaman berupa percepatan getaran dari kereta api yang melintas dan dilakukan saat kereta api batubara bermuatan batubara dan kemudian dilakukan analisis data menggunakan metode numerik-*finite element analysis* (FEA). Hasil yang diperoleh berupa besarnya percepatan (*acceleration*) dan *displacement* pada bangunan di sekitar rel kereta api. Nilai maksimum yang dihasilkan dengan pemodelan menggunakan SAP2000 untuk nilai *displacement* sebesar 0,075 mm dan nilai *acceleration* sebesar 31,2683 mm/s². Nilai ini menunjukkan bahwa hasil pemodelan menyimpulkan bahwa semakin jauh jarak yang ditinjau dari rel kereta api maka semakin besar nilai *displacement* dan semakin kecil nilai *acceleration* yang diperoleh.

Diterbitkan oleh Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung

1. Pendahuluan

Pertambahan jumlah penduduk yang tidak diimbangi dengan penambahan lahan permukiman tempat tinggal menyebabkan banyak penduduk yang membangun rumah tinggal tetapi kurang memperhatikan posisi rumah yang berada di area fasilitas umum, seperti di sekitar rel kereta api, jalan raya, atau kawasan bandara. Salah satu permasalahan pembangunan kawasan permukiman yang banyak ditemukan adalah pembangunan rumah di sekitar jalur kereta api, dimana kereta api menyebabkan dampak getaran dan kebisingan terhadap kawasan perumahan sekitar.

Pada jalur kereta api yang ada di Bandar Lampung,

jeda waktu melintas (*headway*) maksimum kereta api datang dan atau berangkat yaitu 12 menit untuk jalur tunggal dan 16 menit untuk jalur ganda [1], sementara jarak rumah penduduk dari rel kereta api yaitu 4m - 5 m [2]. Semakin sering kereta api yang melintas dan semakin tinggi kecepatan kereta api, menyebabkan getaran dan kebisingan. Getaran yang terjadi pada tanah di sekitar jalur kereta api dapat mengganggu kenyamanan penduduk sekitar, bahkan untuk jangka waktu yang panjang kemungkinan dapat menyebabkan rusaknya bangunan di sekitar jalur kereta api.

Dampak getaran akibat kereta api dapat terjadi terhadap manusia dan terhadap bangunan. Getaran yang terjadi secara terus menerus dan melewati batas tingkat baku getaran dapat mengakibatkan dinding bangunan retak, kaca pecah, hingga bangunan runtuh. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh getaran kereta api dan mengevaluasi bangunan di sekitar rel kereta api akibat percepatan getaran kereta api. Penelitian ini akan mengkaji tentang pengaruh getaran kereta api terhadap bangunan yang berdekatan di Kota Bandar Lampung dan dapat diambil

* Penulis koresponden.

Alamat E-mail: i.meldamargarethat@gmail.com (I.M.Tobing)
Peer review dibawah tanggung-jawab Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

<https://doi.org/10.23960/rekrjits.v27i3.83>

kesimpulan serta solusi yang akan ditawarkan untuk daerah yang berada di sekitar rel kereta api.

2. Metode Penelitian

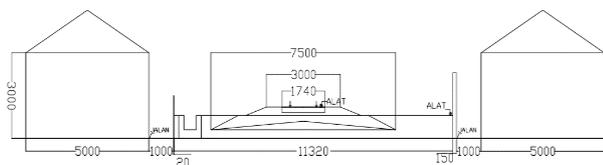
Penelitian ini dilaksanakan di KM 11+200 antara Garuntang-Tanjung Karang, Jalan Haji Oemar Said Tjokroaminoto, Kota Bandar Lampung. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimental dan numerik.

Metode eksperimental adalah kegiatan investigasi lapangan untuk memperoleh data dengan menggunakan alat serta melihat secara visual lokasi penelitian. Alat yang digunakan adalah sensor akselerometer, bertujuan untuk mendeteksi percepatan getaran akibat kereta api yang melintasi rel. Penelitian ini menggunakan 2 akselerometer, dimana akselerometer 1 (titik 1 pada pemodelan) diletakkan di bantalan beton dan akselerometer 2 (titik 4 pada pemodelan) diletakkan 5,2 meter dari titik 1, yaitu diletakkan pada tanah dasar dekat dengan dinding pembatas (tembok sterilisasi). Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan analisis *Fast Fourier Transform* (FFT) dengan aplikasi Logger Pro. Analisis FFT mengubah hasil percepatan getaran sebagai fungsi frekuensi sehingga *analyzer* dapat mendeteksi sumber getaran [3]. Analisis ini akan mengubah grafik awal yang berupa grafik hubungan percepatan terhadap waktu menjadi grafik hubungan antara amplitudo terhadap frekuensi.

Metode numerik dilakukan dengan cara melakukan pemodelan terhadap struktur yang diteliti. Pemodelan dilakukan dengan bantuan program SAP2000. Setelah pengumpulan data (data primer dan sekunder) selesai dilakukan, tahap berikutnya yaitu pengolahan data. Struktur dimodelkan dalam bentuk 3 dimensi, dengan memasukkan material yang diperoleh dari data primer dan sekunder. Kemudian memasukkan pembebanan yang bekerja, terdiri atas beban dinamis dan beban berjalan. Setelah itu memasukkan data percepatan dengan menggunakan fungsi *Power Spectral Density* (PSD), dan menjalankan analisis. Selanjutnya melakukan interpretasi hasil (*output*) sesuai data yang dibutuhkan (nilai *acceleration* dan *displacement*).

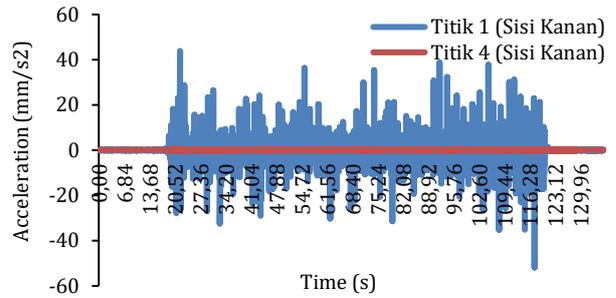
3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan di jalur perlintasan kereta api pada wilayah padat penduduk dan berlokasi sangat berdekatan dengan rumah penduduk. Denah potongan melintang dan peletakan sensor akselerometer pada lokasi penelitian seperti pada Gambar 1. Dimensi yang digunakan merupakan gabungan dari data primer dan sekunder. Data primer yang digunakan yaitu jarak bangunan terhadap rel kereta api, dan data sekunder yaitu pada struktur rel kereta api yang mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012. Tipe rel yang digunakan adalah tipe rel R54.

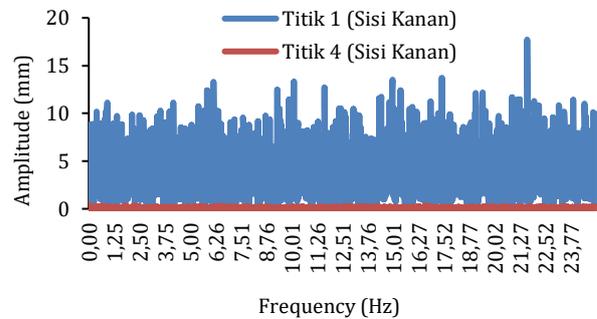


Gambar 1 Denah potongan melintang

Dari data yang diperoleh di lapangan dengan alat akselerometer adalah percepatan (*acceleration*) yang dapat dilihat pada Gambar 2 dan untuk analisis FFT menggunakan program Logger Pro dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2 Data hasil percepatan arah z metode eksperimen

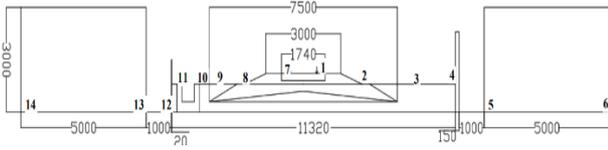


Gambar 3 Data hasil analisis FFT arah z metode eksperimen

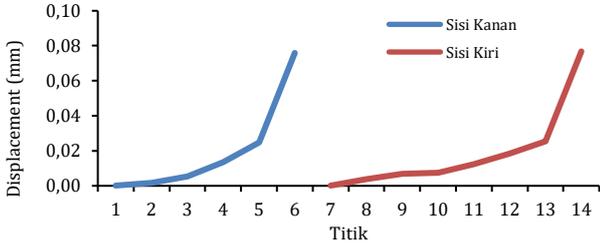
Dari metode eksperimen diperoleh nilai *acceleration* pada titik 1 sebesar 43,722 m/s² dan titik 4 sebesar 0,633 m/s². Nilai *displacement* yang diperoleh untuk titik 1 sebesar 35,4 mm dan titik 4 sebesar 0,8 mm. Hasil pengukuran memiliki nilai *acceleration* dan *displacement* pada titik 1 yang lebih besar dibandingkan dengan nilai pada titik 4. Hal yang memengaruhi yaitu jarak diletakkan alat akselerometer terhadap titik sumber getaran (rel kereta api), kedalaman tanah dan kontur daerah penelitian, serta ada atau tidaknya bangunan yang menghalangi sebelum titik penempatan akselerometer. Pada lokasi penelitian terdapat bangunan penghalang berupa dinding pembatas (tembok sterilisasi) dan saluran drainase.

Selanjutnya metode numerik pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan pemodelan menggunakan bantuan program SAP2000. Pemodelan pada program SAP2000 menggunakan variabel-variabel berupa bantalan beton, balas, subbalas, tanah dasar, bata merah, saluran drainase dan dinding bambu. Dengan menggunakan parameter *modulus young*, *poisson ratio*, dan *mass density* yang mengambil referensi dari penelitian Yulisna Anggi [4]. Adapun beban terpusat yang digunakan sebesar 176,52 kN. Pada program SAP2000, beban dinamis untuk penelitian ini dilakukan dengan fungsi *Power Spectral Density*. Pemodelan bertujuan untuk memperoleh hasil (*output*) berupa *displacement* dan *acceleration*.

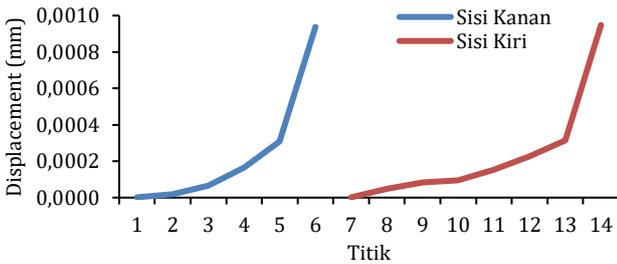
Nilai *displacement* dan *acceleration* yang diperoleh diambil dari beberapa titik yang menjauh dari rel, dimana diambil dari dua sisi yaitu sisi kanan dan kiri rel kereta api. Gambar 4 menyajikan penempatan titik diambilnya nilai *displacement* dan *acceleration*. Nilai *displacement* dan *acceleration* yang diambil merupakan nilai pada arah Y (arah horizontal). Rekapitulasi nilai *displacement* maksimum berdasarkan titik yang ditinjau pada akselerometer 1 disajikan dalam Gambar 5 dan akselerometer 2 disajikan dalam Gambar 6. Diperoleh nilai *displacement* maksimum sebesar 0,076 mm berada pada titik 14 untuk akselerometer 1 dan sebesar 0,001 mm pada titik 14 untuk akselerometer 2.



Gambar 4 Penempatan titik pengujian



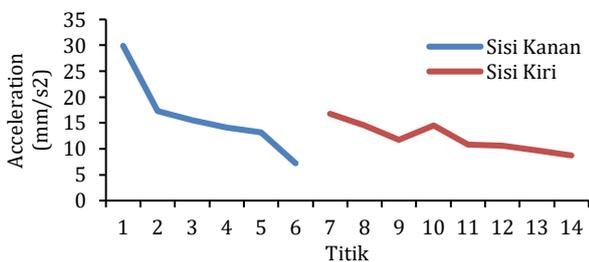
Gambar 5 Rekapitulasi nilai displacement arah Y pada akselerometer 1



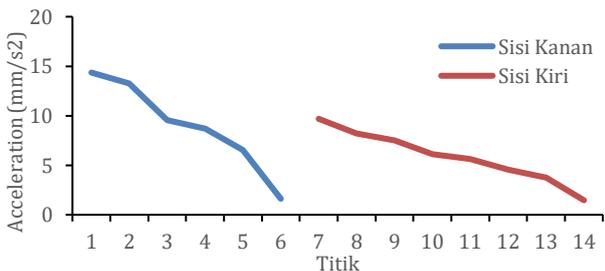
Gambar 6 Rekapitulasi nilai displacement arah Y pada akselerometer 2

Dari hasil pemodelan tersebut diperoleh bahwa semakin jauh jarak yang ditinjau dari rel kereta api maka semakin besar nilai *displacement* yang didapatkan.

Rekapitulasi nilai *acceleration* maksimum berdasarkan titik yang ditinjau pada akselerometer 1 disajikan dalam Gambar 7 dan akselerometer 2 disajikan dalam Gambar 8. Diperoleh nilai *displacement* maksimum sebesar 35,9665 mm/s² berada pada titik 7 untuk akselerometer 1 dan sebesar 14,3573 mm/s² pada titik 1 untuk akselerometer 2.



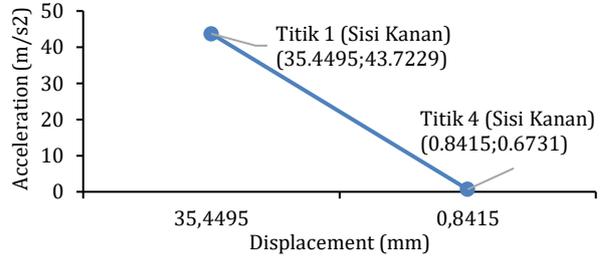
Gambar 7 Rekapitulasi nilai acceleration arah Y pada akselerometer 1



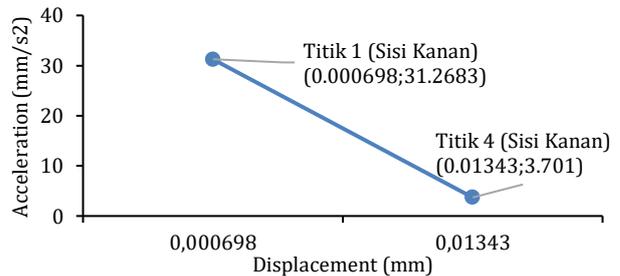
Gambar 8 Rekapitulasi nilai acceleration arah Y pada akselerometer 2

Dari hasil pemodelan tersebut diperoleh bahwa semakin jauh jarak yang ditinjau dari rel kereta api maka semakin kecil nilai *acceleration* yang didapatkan.

Setelah selesai dilakukan analisis pemodelan yang dilakukan berdasarkan data yang ada, kemudian dilakukan perbandingan (komparasi) data hasil dari eksperimen di lapangan dengan hasil dari pemodelan yang dilakukan. Grafik hasil eksperimen di lapangan dapat dilihat pada Gambar 9 dan grafik hasil pemodelan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9 Hubungan displacement dan acceleration (eksperimen)



Gambar 10 Grafik hubungan displacement dan acceleration (pemodelan)

Dari grafik yang disajikan didapatkan hasil pada saat eksperimen, semakin jauh jarak titik yang ditinjau dari rel kereta api maka semakin kecil nilai *acceleration* dan *displacement* yang diperoleh. Sedangkan hasil pada pemodelan yang dilakukan, semakin jauh jarak yang ditinjau dari rel kereta api maka semakin besar nilai *displacement* yang diperoleh dan sebaliknya semakin jauh jarak yang ditinjau dari rel kereta api maka semakin kecil nilai *acceleration* yang diperoleh.

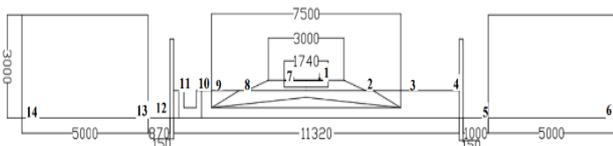
Terdapat perbedaan hasil nilai *displacement* saat eksperimen di lapangan dan saat dilakukan pemodelan. Hal yang memengaruhi terjadinya perbedaan hasil tersebut yaitu komponen material yang digunakan saat pemodelan tidak benar-benar merefleksikan komponen seperti di lapangan (sebenarnya), komponen di lapangan lebih mampu untuk meredam getaran, sedangkan pada pemodelan lebih kaku untuk meredam getaran. Kemudian material penyusun secara eksisting memiliki kondisi yang sudah tidak terlalu padat (antar partikel sudah tidak terikat dengan baik) dikarenakan memiliki umur yang lama. Sedangkan pada pemodelan, material penyusun memiliki kondisi antar partikel yang terikat dengan baik (menjadi satu).

Besar kecilnya nilai *displacement* dan *acceleration* yang diperoleh dipengaruhi oleh ada atau tidaknya bangunan penghalang, seperti dinding pembatas (tembok sterilisasi) dan saluran drainase, serta kontur/elevasi tanah yang tidak beraturan (cenderung menurun).

Untuk kepentingan operasi suatu jalur kereta api harus memiliki pengaturan ruang yang terdiri dari ruang bebas

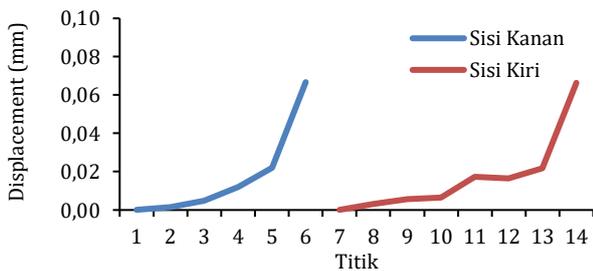
dan ruang bangun. Ruang bebas adalah ruang di atas jalan rel yang senantiasa harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang. Ruang bangun adalah ruang di sisi jalan rel yang senantiasa harus bebas dari segala bangunan tetap, dengan jarak minimal 2,35 meter di kiri/kanan as jalan rel [2]. Jarak dari as jalan rel ke rumah penduduk pada lokasi penelitian yaitu 5,7 meter dan tidak terdapat adanya benda penghalang serta rintangan pada ruang atas jalan rel, sehingga dapat disimpulkan bahwa lokasi penelitian memenuhi syarat ruang bebas dan ruang bangun.

Salah satu sisi bangunan penghalang yang berada di lokasi penelitian adalah dinding pembatas (tembok sterilisasi), sedangkan sisi lainnya adalah dinding bambu. Solusi yang dapat ditawarkan pada lokasi penelitian yaitu bangunan penghalang dinding bambu tersebut diganti dengan dibangunnya dinding pembatas (dinding bata) seperti pada sisi lainnya. Dapat dilihat pada Gambar 11. Denah potongan melintang dan penempatan titik untuk diambil nilai *displacement* dan *acceleration* pada solusi yang ditawarkan.

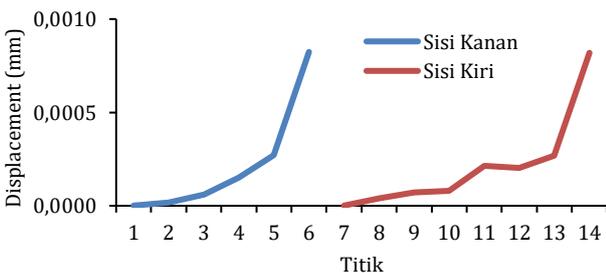


Gambar 11 Denah potongan melintang dan penempatan titik pengujian solusi yang ditawarkan

Rekapitulasi nilai *displacement* rencana maksimum berdasarkan titik yang ditinjau pada akselerometer 1 disajikan dalam Gambar 12 dan akselerometer 2 disajikan dalam Gambar 13. Diperoleh nilai *displacement* rencana maksimum sebesar 0,066 mm berada pada titik 6 untuk akselerometer 1 dan sebesar 0,00082 mm pada titik 14 untuk akselerometer 2.



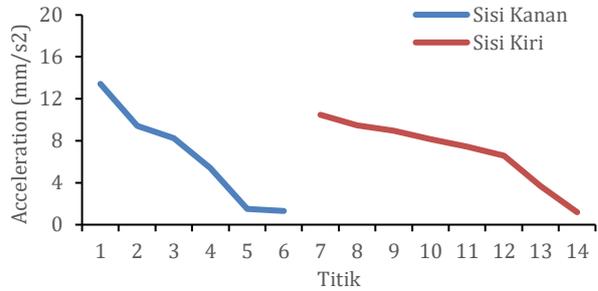
Gambar 12 Rekapitulasi nilai *displacement* arah Y rencana pada akselerometer 1



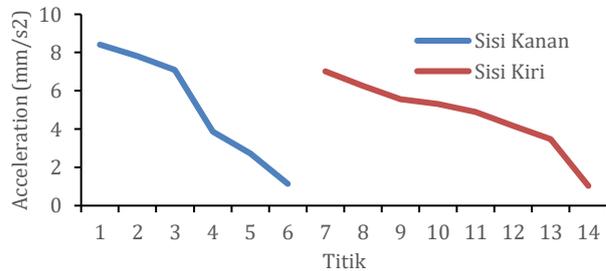
Gambar 13 Rekapitulasi nilai *displacement* arah Y rencana pada akselerometer 2

Persentase penurunan nilai *displacement* rencana (menggunakan dinding bata) dengan kondisi asli (menggunakan dinding bambu) pada akselerometer 1 sebesar 15,11% dan pada akselerometer 2 sebesar 75,70%, kemudian didapatkan persentase rata-rata penurunan nilai *displacement* sebesar 45,40%.

Rekapitulasi nilai *acceleration* rencana maksimum berdasarkan titik yang ditinjau pada akselerometer 1 disajikan dalam Gambar 14 dan akselerometer 2 disajikan dalam Gambar 15. Diperoleh nilai *acceleration* rencana maksimum sebesar 26,7833 mm/s² berada pada titik 7 untuk akselerometer 1 dan sebesar 10,2603 mm/s² pada titik 1 untuk akselerometer 2.



Gambar 14 Rekapitulasi nilai *acceleration* arah Y rencana pada akselerometer 1



Gambar 15 Rekapitulasi nilai *acceleration* arah Y rencana pada akselerometer 2

Persentase penurunan nilai *acceleration* rencana (menggunakan dinding bata) dengan kondisi asli (menggunakan dinding bambu) pada akselerometer 1 sebesar 27,28% dan pada akselerometer 2 sebesar 70,61%, kemudian didapatkan persentase rata-rata penurunan nilai *acceleration* sebesar 48,95%.

Berdasarkan hasil *displacement* dan *acceleration* yang didapatkan dari solusi yang ditawarkan, diperoleh nilai rencana tersebut memiliki hasil yang lebih kecil dari kondisi aslinya berdasarkan grafik yang tertera. Sehingga dapat disimpulkan bahwa solusi yang ditawarkan untuk mengganti bangunan penghalang dinding bambu menjadi dinding bata sebagai pembatas dapat dipertimbangkan untuk dilaksanakan di lapangan.

Selanjutnya, getaran yang disebabkan oleh aktivitas lalu lintas khususnya pada kereta api dapat menyebabkan dampak negatif bagi area sekitarnya. Pengaruh getaran kereta api terhadap bangunan dapat mengakibatkan dinding bangunan retak, kaca pecah, hingga yang paling fatal yaitu bangunan akan runtuh. Pada lokasi penelitian ditemukan beberapa retakan pada dinding bangunan rumah penduduk seperti pada Gambar 16. Namun retakan pada dinding tersebut dapat terjadi bukan hanya akibat dari getaran kereta api yang lewat saja, melainkan dapat terjadi karena sudah lamanya bangunan tersebut berdiri, kualitas bahan

bangunan yang digunakan, hingga getaran akibat kendaraan lain yang melewati bangunan.



Gambar 16 Retakan pada rumah penduduk

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah pengaruh yang ditimbulkan oleh getaran kereta api terhadap bangunan yang berdekatan pada lokasi penelitian berupa retakan pada dinding rumah warga, walaupun hal tersebut tidak hanya terjadi akibat getaran yang ditimbulkan oleh kereta api, melainkan juga faktor lainnya. Dari hasil eksperimen di lapangan dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak yang ditinjau dari rel kereta api maka semakin kecil nilai *acceleration* dan *displacement* yang diperoleh. Kemudian dari hasil pemodelan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak yang ditinjau dari rel kereta api maka semakin besar nilai *displacement* yang diperoleh dan semakin kecil nilai *acceleration* yang diperoleh. Terdapat perbedaan hasil *displacement* saat eksperimen dan pemodelan, yang disebabkan oleh perbedaan komponen material yang digunakan saat pemodelan tidak benar-benar merefleksikan komponen seperti di lapangan (sebenarnya). Komponen di lapangan lebih mampu untuk meredam getaran, sedangkan pada pemodelan lebih kaku untuk meredam getaran. Kemudian material penyusun secara eksisting memiliki kondisi yang sudah tidak terlalu padat (antar partikel sudah tidak terikat dengan baik) dikarenakan memiliki umur yang lama. Sedangkan pada pemodelan, material penyusun memiliki kondisi antar partikel yang terikat dengan baik (menjadi satu).

Batas percepatan getaran pada kategori C (kemungkinan rusak komponen struktur dinding) saat frekuensi 5 sebesar 24-130 mm/s² [5]. Diperoleh nilai percepatan getaran maksimum pada eksperimen sebesar 43,7229 m/s² dan pada pemodelan sebesar 35,9665 mm/s². Nilai percepatan getaran yang diperoleh dari eksperimen di lapangan termasuk di kategori berbahaya karena jauh melampaui dari nilai yang diizinkan, sedangkan nilai percepatan getaran pada hasil pemodelan termasuk di kategori aman.

Solusi yang dapat ditawarkan yaitu dengan mengganti bangunan penghalang dinding bambu menjadi dinding bata sebagai pembatas seperti pada sisi lainnya. Diperoleh persentase rata-rata penurunan nilai *displacement* sebesar 45,40% dan penurunan nilai *acceleration* sebesar 48,95%.

Daftar Pustaka

- [1] Patakorn, K., Purba, A., Siregar, A.: Kajian pola operasi dan desain penataan emplasemen stasiun pada jalur longcut Tegineneng - Tarahan. Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain. 8. 1, 2020, 135-146.
- [2] Peraturan Menteri Perhubungan: Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.

- [3] Kumari, S.: Vibration measurement using accelerometer sensor and fast fourier transform. Lecture notes in Electrical Engineering, 740 LNEE (April), 2021, 273-280. DOI: 10.1007/978-981-33-6393-9_28
- [4] Anggi, Y.: Evaluasi struktur jalan rel kereta api pada fasilitas perawatan angkutan batu bara wilayah DIVRE IV TNK. Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain. 8, 3, 2020, 439-450.
- [5] Menteri Negara Lingkungan Hidup.: Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 15 Tahun 1996 Tentang Baku Tingkat Getaran.
- [6] CSI Manual.: SAP2000 Integrated Solution for Structural Analysis and Design. Computers & Structures Inc, 2016, 556.