

STUDI EFEKTIVITAS PARIT DALAM MENGURANGI GETARAN

Arcelina Saputri Dammara¹, Maria Noviani², Gogot Setyo Budi³ and Joko Purnomo⁴

ABSTRAK : Beban berjalan yang berasal dari kendaraan bermotor dapat mengakibatkan timbulnya getaran pada bangunan di sekitarnya. Gangguan tersebut semakin parah dengan adanya peningkatan jumlah kendaraan bermotor setiap tahunnya. Beberapa metode telah dilaksanakan untuk mengurangi rambatan getaran. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pembuatan hambatan berupa parit kosong (*open trench*) untuk memotong rambatan getaran. Lokasi penelitian dilakukan pada daerah pertambangan batu di Desa Ngrimbi, Kecamatan Bareng, Kabupaten Jombang. Jenis tanah termasuk dalam klasifikasi tanah lempung dan lanau berpasir. Tujuan penelitian untuk mengetahui kedalaman efektif parit dalam mengurangi getaran. Jarak dari sumber getaran ke titik yang ditinjau sebesar 10 m, 12 m, 14 m dengan variasi kedalaman parit 0 m, 0.8 m, 1.3 m, 1.9 m, 2.6 m dan 2.9 m. Rambatan gelombang direkam menggunakan *Seismograph OYO McSeis-SX 3 channel* dan *geophone*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedalaman parit sebesar 0.8 m - 1.3 m sudah efektif dalam mengurangi getaran karena telah berhasil menurunkan energi dan daya gelombang masing-masing sebesar 71% dan 83% dibandingkan dengan keadaan sebelum ada parit.

KATA KUNCI: getaran, kedalaman parit, energi gelombang.

1. PENDAHULUAN

Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia selalu meningkat hingga mencapai 154.376.369 unit kendaraan pada tahun 2019. Akibatnya, kapasitas jalan yang sama harus menerima semakin meningkatnya frekuensi beban roda berjalan kendaraan. Tingginya arus lalu lintas tersebut dapat menimbulkan getaran pada tanah yang berakibat gangguan pada bangunan di sekitarnya. Beberapa jenis gelombang yang ditimbulkan dari sumber getaran antara lain gelombang tekan (*P-wave*), gelombang geser (*S-wave*), gelombang Love dan gelombang Rayleigh. Sebagian besar energi gelombang ini dibawa oleh gelombang Rayleigh yang merambat di zona dekat dengan permukaan tanah (Adam, 2002). Jenis getaran ini dapat mengganggu mesin-mesin yang sensitif dan kenyamanan masyarakat sekitar.

Metode yang telah dilakukan untuk mengurangi getaran permukaan adalah menggunakan *wave barrier*. Macam-macam *wave barrier* dapat berupa *open trench*, *in-filled trench*, dinding *sheet pile*, dan beberapa baris tiang yang berdampingan (*a row of tubular piles*). Penelitian pengurangan getaran permukaan baik secara eksperimental maupun parametrik (numerikal) telah banyak dipublikasikan. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa parameter yang paling berpengaruh pada efektivitas parit dalam mengurangi getaran adalah kedalaman parit (Adam, 2002; Dijckmans et al., 2013; Düzgün, 2015; Mizutani et al., 2002; Ulgen & Toygar, 2015; Yang et al., 2018). Selain kedalaman, jarak antara sumber getaran dengan parit juga merupakan parameter yang penting untuk menentukan

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, b11170059@john.petra.ac.id

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, b11170075@john.petra.ac.id

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, gogot@petra.ac.id

⁴ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, jpurnomo@petra.ac.id

keefektifitasan parit dalam mengurangi getaran (Adam, 2002; Jiang et al., 2015; Massarsch, 1991; Mizutani et al., 2002; Yang et al., 2018).

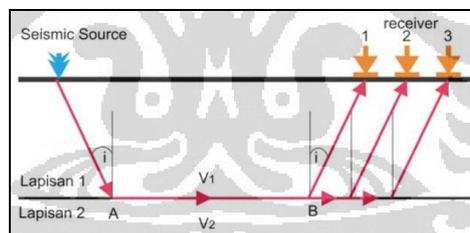
Dalam penelitian ini akan dilakukan percobaan tentang efektivitas parit terbuka untuk mengurangi rambatan gelombang permukaan. Variabel yang akan dipelajari adalah efek dari kedalaman parit. Ruang lingkup pada penelitian ini dibatasi: (1) *wave barrier* berupa parit terbuka, (2) Jenis tanah adalah tanah lempung dan lanau berpasir (3) jarak sumber getaran ke pinggir parit 5.4 m, (4) lebar parit 1.2 m, (5) kedalaman parit 0 m, 0.8 m, 1.3 m, 1.9 m, 2.6 m, 2.9 m, (6) titik pengukuran getaran berjarak 3.4 m, 5.4 m, 7.4 m dari belakang pinggir parit (7) sumber getaran berupa palu yang dipukulkan ke lempengan besi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Metode Seismik Refraksi

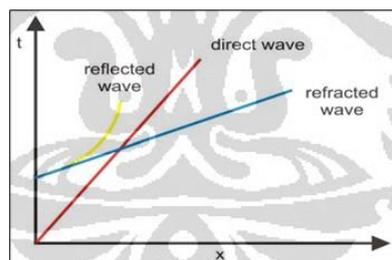
Metode seismik refraksi dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan oleh gelombang untuk menjalar pada batuan dari posisi sumber seismik menuju penerima pada berbagai jarak tertentu. Pada metode ini, gelombang yang terjadi setelah sinyal pertama (*firstbreak*) diabaikan, karena gelombang seismik refraksi merambat paling cepat dibandingkan dengan gelombang lainnya kecuali pada jarak *offset* yang relatif dekat sehingga yang dibutuhkan adalah waktu pertama kali gelombang diterima oleh setiap *geophone*. Parameter jarak (*offset*) dan waktu penjalaran gelombang dihubungkan dengan cepat rambat gelombang dalam medium.

Gelombang seismik berasal dari sumber seismik (*seismic source*) merambat dengan kecepatan V_1 menuju bidang batas (A), kemudian gelombang dibiaskan dengan sudut datang kritis sepanjang *interface* dengan kecepatan V_2 (**Gambar 1**). Dengan menggunakan prinsip Huygens pada *interface*, gelombang ini kembali ke permukaan sehingga dapat diterima oleh *receiver* yang ada di permukaan.



Gambar 1. Pembiasan dengan Sudut Kritis (Susilawati, 2004)

Gelombang yang dapat ditangkap oleh *receiver* dapat berupa gelombang langsung (*direct wave*), gelombang refleksi (*reflection wave*) ataupun gelombang refraksi (*refraction wave*). Pada **Gambar 2** terlihat untuk jarak *offset* (jarak *geophone* dengan sumber seismik) yang relatif dekat, gelombang yang paling cepat diterima oleh *receiver* adalah gelombang langsung dan gelombang yang paling lama diterima adalah gelombang refleksi. Sedangkan untuk jarak *offset* yang relatif jauh, gelombang yang paling cepat diterima oleh *receiver* adalah gelombang refraksi dan yang paling lama adalah refleksi (Setiawan, 2008).

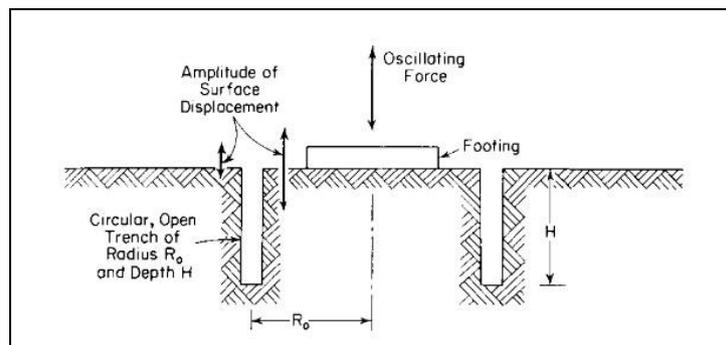


Gambar 2. Hubungan Jarak dan Waktu Tempuh Gelombang Langsung, Refleksi dan Refraksi (Susilawati, 2004)

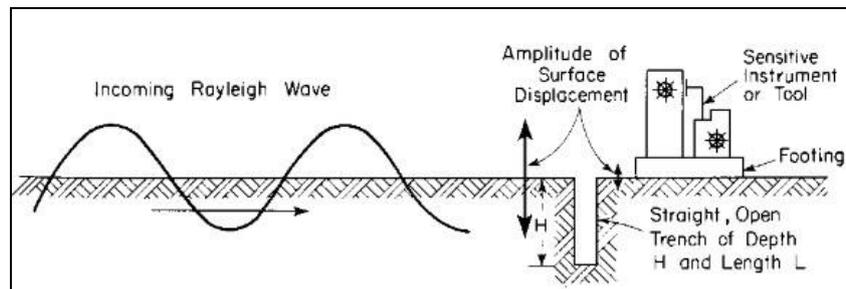
2.2. Wave Barrier

Isolasi struktur atau mesin-mesin yang sensitif dari getaran tanah salah satunya dapat dilakukan dengan pembuatan *wave barrier* dengan cara menghalangi medan perjalanan gelombang sehingga terjadi degradasi energi gelombang. *Wave barrier* dapat berupa *open trench* ataupun *in-filled trench* yang diisi dengan bentonit, beton atau *geofoam*. Selain itu *wave barrier* dapat berupa *dinding sheet piles*.

Penggolongan isolasi getaran pada *wave barrier* terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu isolasi aktif dan isolasi pasif. Isolasi aktif seperti terlihat pada **Gambar 3** adalah *wave barrier* yang dibuat dekat atau mengelilingi sumber getaran untuk meminimalisir energi gelombang yang terpancar dari sumber getaran. Sedangkan untuk isolasi pasif seperti terlihat pada **Gambar 4**, *wave barrier* diletakkan dekat pada lokasi dimana amplitudo getaran ingin dikurangi (Crede & Ruzicka, 1996).



Gambar 3. Contoh Skema Active Isolation (Woods, 1968)



Gambar 4. Contoh Skema Passive Isolation (Woods, 1968)

2.3. Energi Osilasi

Suatu benda sedang berosilasi maka terdapat 2 besaran yang selalu berubah, yaitu laju dan posisi (Malau, 2018). Energi kinetik dimiliki benda yang mempunyai laju, sedangkan energi potensial terdapat pada benda yang memiliki posisi. Untuk energi total yang dimiliki oleh benda yang berosilasi disebut energi mekanik. Energi mekanik adalah total dari energi kinetik dan energi potensial.

2.4. Daya Gelombang

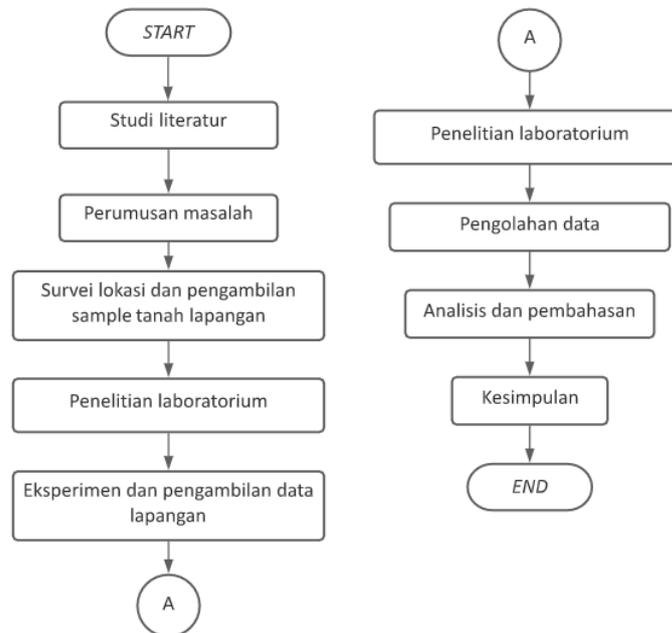
Konsep dasar perambatan gelombang adalah dengan cara memindahkan pola simpangan dari sumber getaran ke sekitarnya melalui sebuah medium (Malau, 2018). Medium yang awalnya diam, akhirnya bergetar karena adanya penjalaran gelombang. Getaran yang berpindah ini menunjukkan adanya perpindahan energi dari sumber getaran ke medium yang awalnya tidak memiliki energi (diam) menjadi memiliki energi (bergetar). Daya yang dibawa gelombang karena adanya perpindahan ini energi dapat dihitung menggunakan **Persamaan 1**.

$$P = \Delta E / \Delta t \quad (1)$$

Dimana P adalah daya yang dibawa gelombang, yang didapatkan dari pembagian perubahan energi (ΔE) dengan perubahan waktu (Δt).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada **Gambar 5** adalah diagram alir penelitian dari awal hingga akhir.



Gambar 5. Kerangka Penelitian

Lokasi penelitian berada di Desa Ngrimbi, Kecamatan Bareng, Kabupaten Jombang. Titik eksperimen dilakukan pada daerah pertambangan batu yang menyerupai balok besar yang membendung aliran sungai di sampingnya (**Gambar 6**). Teknik bentangan yang digunakan adalah metode bentang *in line* (bentang segaris). Metode bentang *in line* (bentang segaris) merupakan metode penembakan (baik satu arah, dua arah, maupun bolak balik) dengan arah lurus atau segaris antara *source* terhadap *geophone* seperti ditunjukkan pada **Gambar 7**.

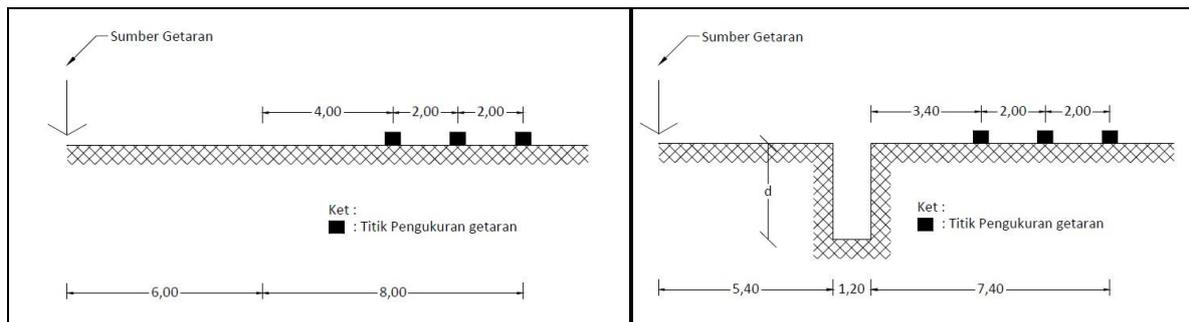


Gambar 6. Kondisi Eksperimen Lapangan



Gambar 7. Metode Bentangan *In Line*

Kondisi pengukuran getaran seperti terlihat pada **Gambar 8**. Pengukuran dilakukan pada jarak sejauh 10 m, 12 m, 14 m dari titik sumber getaran. Dimensi parit memiliki lebar 1,2 m dengan variasi kedalaman parit (d) 0 m, 0,8 m, 1,3 m, 1,9 m, 2,6 m, 2,9 m. Jarak titik pengukuran getaran diukur menggunakan meteran dan dipasang *geophone* disetiap titiknya. Hasil pembacaan dari *geophone* berupa waktu tempuh gelombang.



Gambar 8. Kondisi Pengukuran Getaran Sebelum dan Sesudah Adanya Parit

4. HASIL DAN ANALISA

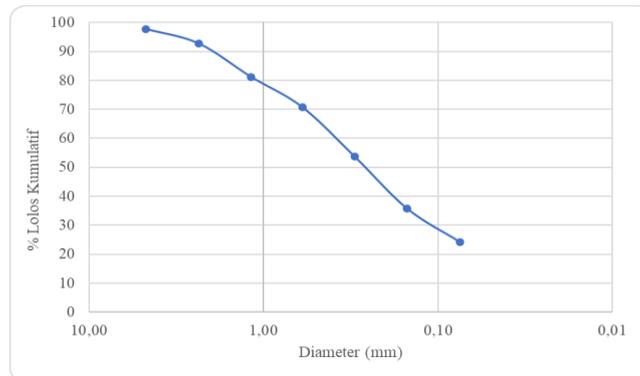
4.1. Karakteristik Tanah

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian karakteristik tanah.

Tabel 1. Hasil Uji Karakteristik Tanah

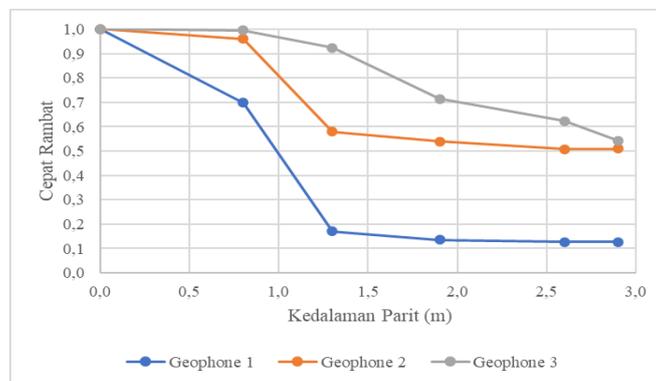
Jenis Pengujian	Hasil Uji
<i>Soil density</i> (γ_s)	1.45 ton/m ³
<i>Dry density</i> (γ_{dry})	1.08 ton/m ³
<i>Water Content</i> (Wc)	34.4%
<i>Spesific Gravity</i> (Gs)	2.50
<i>Liquid Limit</i> (LL)	69%
<i>Plastic Limit</i> (PL)	18%
<i>Plastic Index</i> (PI)	51%

Selain uji karakteristik tanah, dilakukan pula analisis ayakan sampel tanah seperti terlihat pada **Gambar 9**. Berdasarkan hasil analisis ini, tanah yang diuji termasuk dalam klasifikasi tanah lempung dan lanau berpasir.



Gambar 9. Grafik Distribusi Ukuran Butiran Tanah

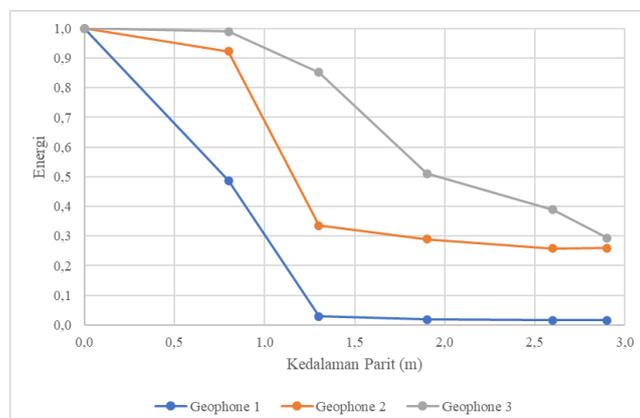
4.2. Cepat Rambat Gelombang



Gambar 10. Efek Kedalaman Parit Terhadap Cepat Rambat Gelombang Ternormalisasi

Berdasarkan **Gambar 10**, terlihat bahwa terjadi penurunan cepat rambat gelombang seiring dengan bertambahnya kedalaman parit. Penurunan cepat rambat paling besar terjadi saat kedalaman parit mencapai 1.3 m. Pada kedalaman selanjutnya ($d > 1.3$ m), penurunan cepat rambat gelombang sudah tidak terlalu signifikan.

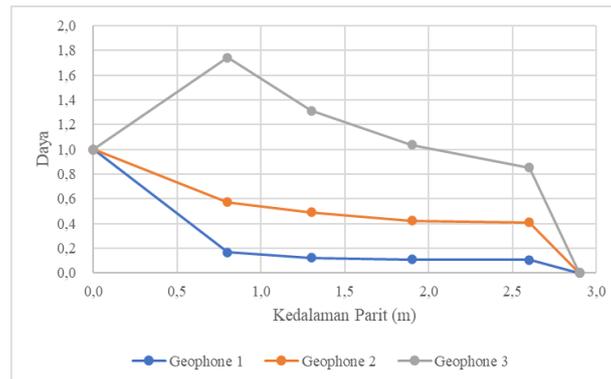
4.3. Energi Gelombang



Gambar 11. Efek Kedalaman Parit Terhadap Energi Gelombang Ternormalisasi

Berdasarkan **Gambar 11**, dapat dilihat bahwa penurunan energi gelombang yang paling signifikan terjadi pada *geophone* 1 dengan total pengurangan energi sebesar 98.4% dari energi awal, sedangkan pada *geophone* 2 dan *geophone* 3 masing-masing sebesar 74% dan 71%. Pada *geophone* 1 dan *geophone* 2 penurunan energi gelombang yang cukup banyak terjadi saat kedalaman parit sebesar 1.3 m dan untuk kedalaman selanjutnya penurunan energi yang terjadi sudah tidak signifikan lagi. Namun pada *geophone* 3 penurunan energi yang cukup banyak baru terjadi saat kedalaman parit mencapai 1.9 m dan terus berkurang secara perlahan seiring dengan pertambahan kedalaman parit.

4.4. Daya Gelombang



Gambar 12. Efek Kedalaman Parit Terhadap Daya Gelombang Ternormalisasi

Dari **Gambar 12** terlihat bahwa pada *geophone* 1 dan *geophone* 2 daya yang dibawa gelombang semakin kecil seiring dengan bertambahnya kedalaman parit. Namun, pada *geophone* 3 daya gelombang justru semakin besar dengan adanya parit. Hal ini kemungkinan diakibatkan karena adanya interferensi antara gelombang asli dan pantulan gelombang pada lapisan tanah dibawahnya. Selain itu, faktor muka air tanah kemungkinan juga mempengaruhi pantulan gelombang karena adanya perbedaan densitas dengan lapisan tanah di atasnya.

Pada penelitian ini, yang digunakan adalah data pada *geophone* 1 saja. Jika dibandingkan dengan keadaan tanpa ada parit, daya gelombang sudah berkurang masing-masing sebesar 83%, 87.5%, 89.2%, 89.5% seiring dengan bertambahnya kedalaman parit dari 0.8 m, 1.3 m, 1.9 m, dan 2.6 m. Penurunan daya yang dibawa gelombang sudah cukup signifikan saat kedalaman parit mencapai 0.8 m lalu pada kedalaman selanjutnya penurunannya sudah tidak terlalu besar lagi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa adanya parit dapat mengurangi waktu perambatan gelombang. Hal ini juga berdampak pada energi dan daya yang dibawa oleh gelombang. Semakin dalam parit, semakin lama pula waktu perambatan gelombang yang diperlukan. Pada kedalaman parit 1.3 m, energi gelombang sudah dapat berkurang minimal sebesar 71% dari energi awal gelombang sebelum ada parit. Sedangkan untuk daya gelombang yang ditinjau pada *geophone* 1 telah berkurang sebesar 83% pada kedalaman parit 0.8 m. Dengan demikian, dalam pengujian ini diperoleh informasi bahwa kedalaman parit yang efektif untuk mengurangi getaran dan energi serta daya gelombang dengan jarak *offset* 10 m adalah 0,8 m - 1,3 m.

6. DAFTAR REFERENSI

- Adam, M. A. (2002). Reduction of Train Induced Building Vibrations Using Open and In-filled Trench Barriers. *Proceedings of the 4th ICCAE Conf.*
- Crede, C., & Ruzicka, J. (1996). Theory of Vibration Isolation. *Shock and Vibration Handbook*, 1–43.

- [http://cursos.itcg.edu.mx/libros/Libros y Manuales de Ingenieria/Engineering Books/Harris_Shock_And_Vibration_Handbook/HARRIS~1.-HA/70811_30.pdf](http://cursos.itcg.edu.mx/libros/Libros_y_Manuales_de_Ingenieria/Engineering_Books/Harris_Shock_And_Vibration_Handbook/HARRIS~1.-HA/70811_30.pdf)
- Dijkmans, A., Ekblad, A., Smekal, A., Degrande, G., & Lombaert, G. (2013). A Sheet Piling Wall as a Wave Barrier for Train Induced Vibrations. *ECCOMAS Thematic Conference - COMPDYN 2013: 4th International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering, Proceedings - An IACM Special Interest Conference, April 2015*, 430–446. <https://doi.org/10.7712/120113.4534.c1303>
- Düzgün, O. A. (2015). Efficiency of Trenches on Vibration Isolation Under Time Dependent Loads. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 59(2), 133–142. <https://doi.org/10.3311/PPci.7655>
- Jiang, J., Toward, M. G. R., Dijkmans, A., Thompson, D. J., Degrande, G., Lombaert, G., & Ryue, J. (2015). Reducing Railway Induced Ground-Borne Vibration by Using Trenches and Buried Soft Barriers. *Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design*, 126(September), 555–562. https://doi.org/10.1007/978-3-662-44832-8_65
- Malau, N. D. (2018). *Fisika Gelombang*. Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Kristen Indonesia.
- Massarsch, K. R. (1991). *Ground Vibration Isolation Using Gas Cushions*.
- Mizutani, Y., Makiuchi, K., & Mizukami, M. (2002). Geofom Trench Wall Method for Reducing Ground Vibration. *5th International Conference on Civil Engineering*, 1–7.
- Setiawan, B. (2008). *Pemetaan Tingkat Kekerasan Batuan Menggunakan Metode Seismik Refraksi*. <http://lib.ui.ac.id/detail?id=125248>
- Ulgen, D., & Toygar, O. (2015). Screening Effectiveness of Open and In-Filled Wave Barriers: A Full-Scale Experimental Study. *Construction and Building Materials*, 86, 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.03.098>
- Woods, R. (1968). Screening of Surface Wave in Soils. In *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division* (Vol. 94, Issue 4, pp. 951–979).
- Yang, W., Yuan, R., & Wang, J. (2018). Vibration Induced by Subway Trains: Open-Trench Mitigation Analysis in the Time and Frequency Domains. *Shock and Vibration*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1879392>