

Development of Shaking Table Test *Interactive Learning Media* to Increase Learning Effectiveness at SMPN 80 Jakarta

Irene Vista Simanjuntak^{1*}, Antonius D. Tyas Prasetyo², Sudarno P. Tampubolon³, Medyawanti Pane⁴, Efendy Tambunan⁵, Rahel Angel⁶, Claudya Anggi Maranata Manurung⁷, Manuel Stevan Jordan Devano⁸, Adriano Siboro⁹, Patrick Gaberiel Nainggolan¹⁰

Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia

Corresponding Author: Irene Vista Simanjuntak irenev.simanjuntak@uki.ac.id

ARTICLE INFO

Keywords: Earthquake mitigation, outcome-based education, project-based learning, shaking table, STEM

Received: 12, June

Revised: 18, July

Accepted: 31, August

©2026 Simanjuntak, Prasetyo, Tampubolon, Pane, Tambunan, Angel, Manurung, Devano, Siboro, Nainggolan : This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRACT

The Community Service (PkM) activity which was carried out for six months aimed to design and implement an Arduino-based *shaking table* learning media at SMPN 80 Jakarta to overcome abstract earthquake mitigation learning. Through the *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) approach integrated with *Project-Based Learning* (PjBL), students are invited to observe the response of the structure directly. Cognitive evaluation of 37 students showed an average pre-test of 98.38 and post-test of 98.92 (*ceiling effect*), which justified the shift of assessment to the *Outcome-Based Education* (OBE) framework that emphasizes the psychomotor domain. The results of the mock-up physical test by 12 groups proved the success of the transfer of structural engineering skills. The most optimal design is able to maintain the stability of the center of gravity at a height of 51 cm with a mass of 350 grams to dampen resonance. This prototype successfully transformed textual memorization into real engineering problem-solving skills.

Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Meja Getar (*Shaking Table Test*) untuk Meningkatkan Efektivitas Pembelajaran di SMPN 80 Jakarta

Irene Vista Simanjuntak^{1*}, Antonius D. Tyas Prasetyo², Sudarno P. Tampubolon³, Medyawanti Pane⁴, Efendy Tambunan⁵, Rahel Angel⁶, Claudya Anggi Maranata Manurung⁷, Manuel Stevan Jordan Devano⁸, Adriano Siboro⁹, Patrick Gaberiel Nainggolan¹⁰

Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia

Corresponding Author: Irene Vista Simanjuntak irenev.simanjuntak@uki.ac.id

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Mitigasi gempa, *outcome-based education*, *project-based learning*, *shaking table*, STEM

Received: 12, Juni

Revised: 18, Juli

Accepted: 31, Agustus

©2026 Simanjuntak, Prasetyo, Tampubolon, Pane, Tambunan, Angel, Manurung, Devano, Siboro, Nainggolan : This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRAK

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) yang dilaksanakan selama enam bulan ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan media pembelajaran *shaking table* berbasis Arduino di SMPN 80 Jakarta untuk mengatasi pembelajaran mitigasi gempa yang abstrak. Melalui pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) terintegrasi dengan *Project-Based Learning* (PjBL), siswa diajak mengobservasi respons struktur secara langsung. Evaluasi kognitif terhadap 37 siswa menunjukkan rata-rata pre-test 98,38 dan post-test 98,92 (*ceiling effect*), yang menjustifikasi peralihan asesmen menuju kerangka *Outcome-Based Education* (OBE) yang menekankan ranah psikomotorik. Hasil uji coba fisik maket oleh 12 kelompok membuktikan keberhasilan transfer keterampilan rekayasa struktural. Desain paling optimal mampu menjaga stabilitas pusat gravitasi pada ketinggian 51 cm dengan massa 350 gram untuk meredam resonansi. Purwarupa ini sukses mentransformasi hafalan tekstual menjadi keterampilan pemecahan masalah keteknikan secara nyata.

PENDAHULUAN

Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia, sehingga pendidikan mitigasi bencana gempa bumi menjadi urgensi mendasar bagi masyarakat, terutama sejak usia sekolah dasar dan menengah. Namun, pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) atau Fisika di tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP), khususnya pada materi getaran dan gelombang, masih didominasi oleh metode konvensional. Pembelajaran yang berpusat pada pendidik sering kali berhenti pada tataran teori, rumus abstrak, dan hafalan konseptual.

Berdasarkan analisis situasi di SMP Negeri 80 Jakarta, ketiadaan media simulasi berbasis eksperimen menyebabkan siswa kesulitan membangun pemahaman rasional tentang hubungan sebab-akibat antara rambatan gelombang mekanik dan respons struktur bangunan. Siswa membutuhkan pengalaman empiris nyata untuk menjembatani kesenjangan teoritis tersebut. Oleh karena itu, diperlukan transformasi pendekatan pembelajaran menuju kerangka *Outcome-Based Education* (OBE), di mana capaian pembelajaran diukur dari luaran kompetensi siswa secara komprehensif, tidak hanya kognitif tetapi juga psikomotorik.

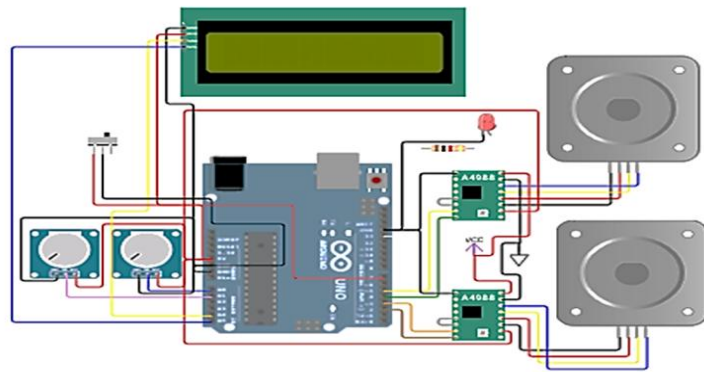
Pengabdian ini menawarkan solusi melalui pengembangan perangkat keras *shaking table* interaktif berskala laboratorium sederhana (Chen et al., 2024; Musacchio et al., 2025). Alat ini diintegrasikan dengan metode *Project-Based Learning* (PjBL) dan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) (*A Framework for K-12 Science Education*, 2012; Bybee, 2018; Diana et al., 2021) untuk merepresentasikan fenomena gelombang seismik secara konkret, sehingga mendorong kemampuan berpikir kritis siswa dalam merancang mitigasi struktural bangunan sederhana (Nasution & Setyaningrum, 2024; Setiawan, 2024; Setiasih et al., 2026). Melalui simulasi eksperimental ini, diharapkan akan terbentuk suatu ekosistem pembelajaran yang aplikatif dan relevan dengan upaya peningkatan kesiapsiagaan mitigasi bencana sejak dini (Ardianto et al., 2021; Rahman et al., 2021).

PELAKSANAAN DAN METODE

Kegiatan PkM dilaksanakan di SMP Negeri 80 Jakarta, wilayah Halim Perdana Kusuma, Jakarta Timur, dengan durasi pelaksanaan selama enam bulan. Khalayak sasaran adalah siswa kelas VIII dan guru mata pelajaran IPA. Metode pelaksanaan terdiri dari tiga tahapan utama: perancangan perangkat keras, implementasi kelas, dan evaluasi capaian. Rangkaian tahapan ini dirancang secara sistematis agar luaran yang dihasilkan tidak hanya berupa produk fisik, tetapi juga menjamin terjadinya transfer pengetahuan yang berkelanjutan bagi sekolah mitra.

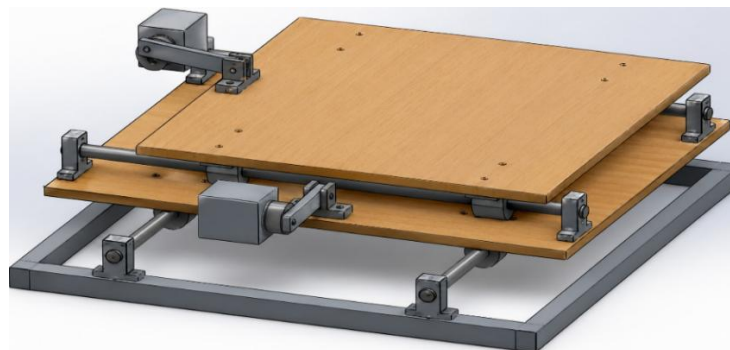
1. Perancangan dan Perakitan Alat

Sebagaimana disajikan pada Gambar 1, sistem *shaking table* dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino yang mengendalikan motor stepper (via motor driver) untuk menggerakkan meja uji secara presisi (Chen et al., 2024; McDaniel, 2025). Alat ini beroperasi melalui pengaturan frekuensi menggunakan potensiometer. Sistem kendali ini difokuskan pada keandalan respons mekanik secara *real-time*.



Gambar 1. Desain Alat Meja Getar (*Shaking Table Test*)

Realisasi alat *shaking table* berdasarkan rancangan sistem kendali dan mekanik ditunjukkan pada Gambar 2. Alat dirancang dengan sistem penggerak dua arah pada sumbu X dan Y menggunakan motor stepper yang dikendalikan oleh Arduino melalui motor driver. Pergerakan meja uji dapat diatur berdasarkan frekuensi getaran yang diberikan untuk mensimulasikan *respons* model struktur terhadap beban dinamis. Parameter yang diamati meliputi frekuensi, karakteristik getaran, *respons* model, dan waktu hingga model mengalami kerusakan atau keruntuhan.



Gambar 2. Realisasi alat *Shaking Table Test* dua arah

2. Implementasi

Siswa diminta merancang dan merakit maket bangunan lima lantai menggunakan stik es krim dengan batas berat maksimal 1,5 kg (Setiasih et al., 2026). Perancangan dilakukan secara berkelompok untuk melatih kolaborasi dan pemecahan masalah dalam penerapan konsep bangunan tahan gempa (Bell, 2010). Maket kemudian diuji menggunakan *shaking table* dengan intensitas getaran yang ditingkatkan secara bertahap. Selama pengujian, siswa mengamati titik kelemahan dan *respons* struktur secara langsung sehingga dapat memahami hubungan antara getaran dan kestabilan bangunan.

a. Sosialisasi dan Penyampaian Materi

Kegiatan diawali dengan sosialisasi kepada siswa mengenai konsep dasar gempa bumi, getaran, *respons* struktur, dan prinsip bangunan tahan gempa. Penyampaian materi dilakukan secara interaktif untuk memberikan pemahaman awal sebelum siswa mengikuti kegiatan praktik dan simulasi menggunakan

shaking table test. Dokumentasi kegiatan sosialisasi dan penyampaian materi disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sosialisasi dan penyampaian materi gempa dan bangunan tahan gempa

b. Perancangan dan Perakitan Maket

Setelah memperoleh pemahaman mengenai konsep gempa dan respons struktur, siswa dibagi ke dalam beberapa kelompok untuk merancang dan merakit maket bangunan lima lantai menggunakan stik es krim. Proses perakitan dilakukan dengan memperhatikan ketentuan dimensi, jumlah lantai, dan batas berat maket yang telah ditentukan. Kegiatan ini memberikan kesempatan kepada siswa untuk menerapkan konsep kestabilan struktur melalui proses perancangan dan pembuatan model secara langsung. Proses perancangan dan perakitan maket oleh siswa ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perancangan dan perakitan maket bangunan

c. Simulasi dan Pengujian Maket

Maket yang telah selesai dirakit selanjutnya ditempatkan pada *shaking table* untuk dilakukan simulasi getaran. Pengujian dilakukan dengan memberikan gerakan pada arah sumbu X dan Y serta meningkatkan intensitas getaran secara bertahap. Siswa mengamati respons maket terhadap getaran, mulai dari perubahan kestabilan hingga terjadinya kerusakan atau keruntuhan.

Simanjuntak, Prasetyo, Tampubolon, Pane, Tambunan, Angel, Manurung, Devano, Siboro, Nainggolan

Pelaksanaan simulasi dan pengujian maket menggunakan *shaking table* ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Simulasi dan pengujian maket menggunakan *shaking table*

d. Kompetisi dan Penilaian Maket

Setelah seluruh kelompok menyelesaikan proses pengujian, kegiatan dilanjutkan dengan kompetisi antarkelompok. Penilaian dilakukan berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan, terutama kemampuan maket dalam mempertahankan kestabilan selama diberikan simulasi getaran. Kompetisi mendorong siswa untuk menerapkan hasil perancangan sekaligus mengembangkan kemampuan kolaborasi dan pemecahan masalah. Dokumentasi pelaksanaan kompetisi dan hasil penilaian maket ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pelaksanaan kompetisi dan penilaian maket

e. Penyerahan Alat dan Apresiasi

Sebagai tahap akhir kegiatan, dilakukan penyerahan alat *shaking table* kepada pihak sekolah sebagai bentuk keberlanjutan pemanfaatan media pembelajaran. Alat tersebut diharapkan dapat digunakan kembali oleh pihak sekolah untuk mendukung pembelajaran mengenai gempa, getaran, dan respons struktur. Kegiatan diakhiri dengan pemberian apresiasi kepada kelompok yang memperoleh hasil terbaik sebagai bentuk penghargaan atas partisipasi dan kreativitas siswa selama kegiatan. Dokumentasi penyerahan alat dan pemberian apresiasi disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Dokumentasi penyerahan alat dan pemberian apresiasi

f. Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui respons maket terhadap simulasi getaran serta perubahan pemahaman siswa setelah mengikuti kegiatan tersebut. Evaluasi terdiri atas pengujian dan pengamatan respons maket serta evaluasi pemahaman peserta melalui pre-test dan post-test. Hasil kedua penilaian tersebut kemudian dianalisis untuk melihat sejauh mana efektivitas alat peraga dalam meningkatkan pengetahuan dan keterampilan siswa.

g. Pengujian dan Pengamatan Respons Maket

Pengujian dilakukan untuk mengetahui respons maket bangunan terhadap getaran menggunakan *shaking table*. Sebelum pengujian, setiap maket diukur berdasarkan tinggi, lebar, dan berat sebagai karakteristik awal model. Selanjutnya, maket ditempatkan pada meja uji dan diberikan getaran secara bertahap pada sumbu X dan Y dengan variasi frekuensi yang ditentukan. Selama pengujian, kondisi maket diamati mulai dari perubahan kestabilan, deformasi, hingga terjadinya kerusakan atau keruntuhan. Parameter yang dicatat meliputi dimensi dan berat maket, arah pengujian, frekuensi getaran, serta waktu hingga maket mengalami kerusakan atau keruntuhan. Data tersebut digunakan untuk menganalisis respons masing-masing maket terhadap pembebanan dinamis dan

membandingkan karakteristik maket dengan tingkat ketahanannya terhadap getaran.

h. Evaluasi Pemahaman Peserta

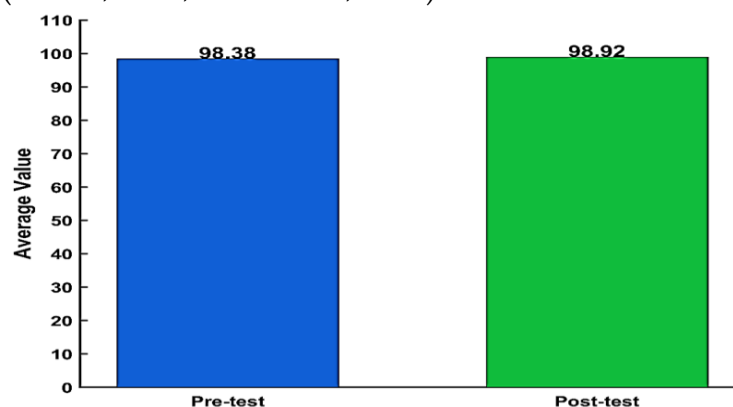
Evaluasi pemahaman peserta dilakukan melalui pre-test dan post-test untuk mengetahui perubahan pemahaman siswa sebelum dan setelah mengikuti kegiatan. Instrumen evaluasi berupa soal pilihan ganda yang mencakup materi gempa, getaran, respons struktur, dan prinsip bangunan tahan gempa. Pre-test diberikan sebelum penyampaian materi dan pelaksanaan simulasi, sedangkan post-test diberikan setelah seluruh rangkaian kegiatan selesai. Nilai diperoleh berdasarkan jumlah jawaban benar dari seluruh soal, kemudian dibandingkan antara hasil pre-test dan post-test. Peningkatan pemahaman peserta dianalisis berdasarkan perubahan nilai rata-rata sebelum dan setelah kegiatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan alat *shaking table* berhasil direalisasikan secara fungsional. Algoritma kontrol berhasil membaca input dan mengeksekusi gerakan motor secara *real-time* sesuai dengan referensi tanpa terjadi desinkronisasi mekanis. Media ini kemudian dimanfaatkan sebagai parameter *shear test* (gaya geser) pada maket struktural yang dirancang oleh siswa SMPN 80 Jakarta.

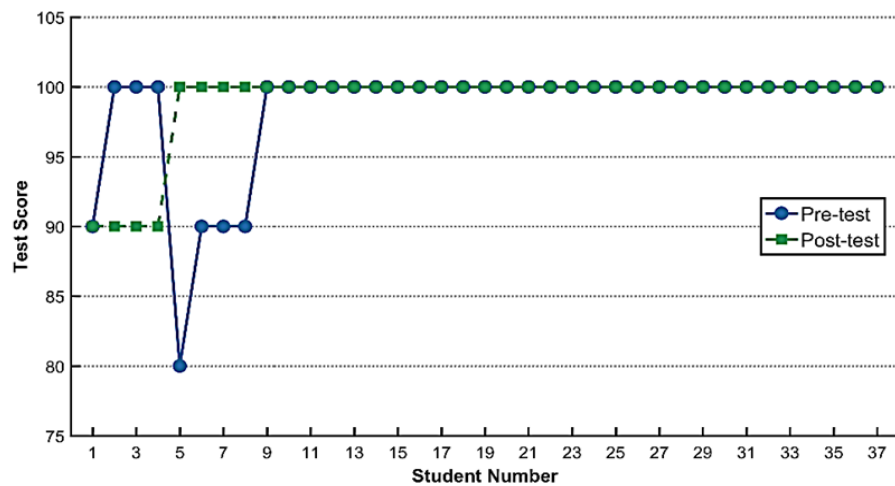
Dalam mengukur efektivitas pembelajaran berbasis OBE, evaluasi awal berfokus pada ranah kognitif melalui pengumpulan respons pretest dan posttest. Dari total populasi pengisi instrumen, dilakukan *data cleaning* dan penyandingan (*matching*) yang menghasilkan N=37 sampel data berpasangan yang valid. Sampel yang tidak memenuhi kriteria kelengkapan data dieksklusi agar pengukuran komparatif yang dihasilkan menjadi jauh lebih akurat dan terhindar dari bias statistik.

Berdasarkan Gambar 8, hasil analisis statistik deskriptif menunjukkan fenomena *ceiling effect* (efek batas atas). Grafik batang mengilustrasikan bahwa rata-rata nilai penguasaan materi kognitif siswa sebelum intervensi (pre-test) sudah sangat dominan, yakni mencapai angka 98,38. Meskipun terjadi peningkatan pada fase post-test ke angka 98,92 (meningkat 0,55%), jarak interval (*gap*) menuju nilai maksimal terlalu sempit untuk mengukur efektivitas media secara komprehensif. Hal ini membuktikan bahwa siswa kelas VIII di SMPN 80 Jakarta sejatinya telah memiliki landasan teori tekstual yang kuat terkait mitigasi gempa bumi (OECD, 2023; Nhat et al., 2024).



Gambar 8. Perbandingan Rata-rata Nilai Kognitif (N=37)

Lebih lanjut, analisis distribusi nilai individu pada Gambar 9 memperlihatkan dinamika yang lebih rinci di balik tingginya angka rata-rata tersebut. Grafik garis menunjukkan adanya fluktuasi capaian kognitif; terdapat sebagian kecil siswa yang justru mengalami penurunan nilai saat post-test, sementara siswa lainnya berhasil mempertahankan atau menyentuh nilai sempurna (100). Fluktuasi kognitif pada batas atas ini menegaskan bahwa evaluasi tertulis tidak lagi cukup sensitif untuk menangkap progres pembelajaran sesungguhnya. Oleh karena itu, tolok ukur keberhasilan kegiatan PkM ini dialihkan dan difokuskan pada ranah psikomotorik, yakni dengan mengevaluasi secara langsung kemampuan kritis siswa dalam merancang, membangun, dan menguji ketahanan struktur maket stik es krim di atas mesin *shaking table* (Maryanti & Kusumaningrum, 2025).

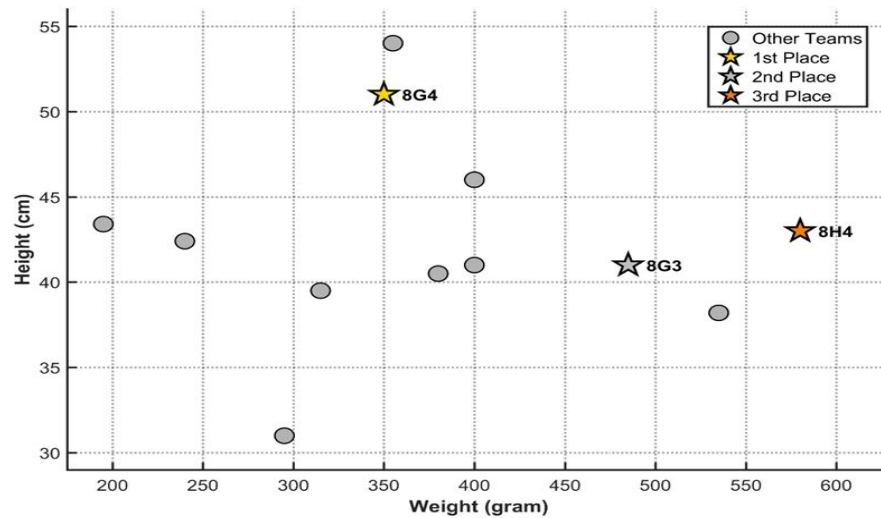


Gambar 9. Distribusi Nilai Pre-test dan Post-test per Individu

Kondisi ini secara langsung menegaskan bahwa permasalahan pembelajaran di sekolah bukan terletak pada transmisi informasi kognitif dari guru ke siswa, melainkan pada kelemahan visualisasi empiris. Nilai yang nyaris sempurna di ranah teori tidak berbanding lurus dengan pemahaman aplikatif tanpa adanya alat peraga fisik. Keberadaan *shaking table* dalam kerangka STEM terbukti menggeser fokus evaluasi pembelajaran dari sekadar mengingat definisi gempa menjadi investigasi empiris.

Evaluasi luaran pembelajaran difokuskan pada uji ketahanan fisik maket bangunan lima lantai yang dirancang oleh 12 kelompok perwakilan kelas. Analisis spesifikasi desain pada Gambar 4 menunjukkan variasi strategi rekayasa struktural (*engineering design*) yang sangat beragam. Secara keseluruhan, rata-rata maket yang dihasilkan memiliki tinggi 42,58 cm dan berat 377,50 gram – jauh di bawah batas rasio beban maksimal 1,5 kg, mengindikasikan efisiensi penggunaan material yang sangat baik. Kelompok 8G4 yang meraih peringkat pertama menampilkan desain struktur yang paling optimal; mereka mampu membangun maket tertinggi kedua (51 cm), namun dengan distribusi massa yang sangat efisien (350 gram) sehingga titik pusat gravitasi tetap stabil saat menerima beban dinamik dari *shaking table*. Sebaliknya, kelompok 8G3 dan 8H4

(Juara 2 dan 3) mengadopsi strategi rasio massa yang lebih masif (485-580 gram) pada ketinggian menengah (41-43 cm) untuk meredam resonansi getaran harmonik. Temuan kuantitatif ini mengonfirmasi bahwa integrasi STEM dan PjBL pada simulasi ini sukses memfasilitasi transformasi pemahaman konseptual mitigasi bencana ke dalam keterampilan sintesis dan pemecahan masalah teknis secara nyata.



Gambar 10. Sebaran Spesifikasi Fisik Maket Bangunan Stik Es Krim

Merangkum seluruh temuan dari intervensi STEM-PjBL ini, korelasi antara pemahaman teoretis dan keterampilan teknis dianalisis dalam kerangka OBE. Mengingat tingginya homogenitas pada hasil uji kognitif, evaluasi holistik tidak dilakukan melalui uji regresi statistik, melainkan melalui sintesis ketercapaian kompetensi yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sintesis Ketercapaian Pembelajaran berbasis OBE

Ranah Evaluasi	Indikator Pengukuran	Hasil Temuan Utama	Status Ketercapaian
Kognitif (Individu)	Pre-test & Post-test mitigasi bencana	Terjadi <i>ceiling effect</i> (rerata 98,92). Pemahaman konsep dasar telah melampaui standar ketuntasan minimal.	Tercapai (Tinggi)
Psikomotorik (Kelompok)	Ketahanan struktur maket di atas <i>shaking table</i>	Distribusi spesifikasi bervariasi. Kelompok mampu melakukan optimasi rasio beban	Tercapai (Sangat Baik)

Ranah Evaluasi	Indikator Pengukuran	Hasil Temuan Utama	Status Ketercapaian
		dan tinggi bangunan secara logis.	
Afektif / Kolaboratif	Proses <i>engineering design</i> (PjBL)	Strategi peredaman resonansi dieksekusi melalui kerja sama tim dan eksperimen langsung secara iteratif.	Teramati pada maket pemenang

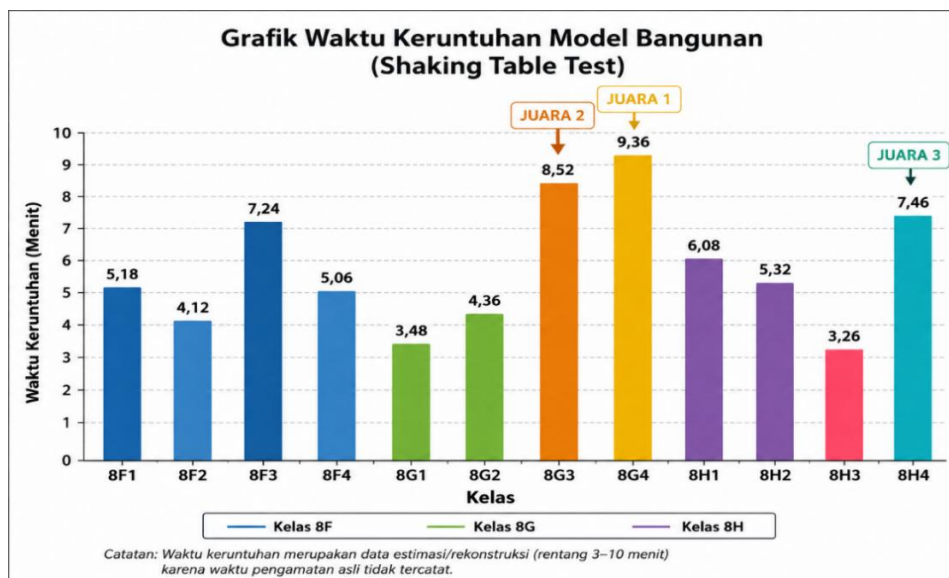
Berdasarkan sintesis pada Tabel 1, terlihat jelas hubungan kausalitas pembelajaran yang positif. Landasan kognitif individual yang kuat di awal (Gambar 8 dan 9) menjadi prasyarat fundamental yang memungkinkan siswa berfokus pada tahapan kognitif tingkat tinggi, yaitu sintesis dan kreasi. Siswa tidak lagi menghabiskan waktu untuk memahami 'apa itu gempa', melainkan langsung mengaplikasikan ilmu tersebut secara komunal untuk memecahkan masalah rekayasa (Gambar 10). Hal ini membuktikan bahwa luaran pembelajaran PkM ini berhasil memenuhi standar OBE, di mana pengetahuan tekstual berhasil dikonversi menjadi produk *engineering* yang aplikatif dan adaptif.

Tabel 2. Karakteristik Model Bangunan dan Waktu Keruntuhan pada Pengujian *Shaking Table Test*

Kelas	Tinggi (cm)	Lebar (cm)	Berat (gr)	Waktu Runtuh (Menit)	Keterangan
8F1	41	19,5	400	5:18	Stabilitas sedang; dimensi cukup proporsional, tetapi berat relatif besar sehingga gaya inersia cukup tinggi saat digetarkan.
8F2	54	19,7	355	4:12	Bangunan paling tinggi di kelompok 8F sehingga lebih mudah mengalami simpangan/goyangan. Rasio tinggi terhadap lebar cukup besar.
8F3	31	20,9	295	7:24	Bangunan paling rendah di kelompok 8F dengan berat relatif ringan dan lebar cukup besar sehingga memiliki kestabilan yang lebih baik.
8F4	46	21,2	400	5:06	Lebar dasar cukup besar sehingga membantu kestabilan, namun berat yang cukup tinggi meningkatkan gaya inersia selama pengujian.
8G1	42,4	10	240	3:48	Lebar bangunan sangat kecil dibandingkan dengan tingginya, sehingga memiliki rasio tinggi/lebar yang besar dan cenderung mudah kehilangan kestabilan.

Kelas	Tinggi (cm)	Lebar (cm)	Berat (gr)	Waktu Runtuh (Menit)	Keterangan
8G2	43,4	12	195	4:36	Berat paling ringan di kelompok 8G, tetapi lebar dasarnya relatif sempit sehingga kestabilannya masih rendah terhadap getaran.
8G3	41	23,3	485	8:52	Lebar dasar yang paling besar memberikan kestabilan yang baik. Meskipun berat cukup tinggi, bangunan mampu bertahan lama. Juara 2.
8G4	51	18,7	350	9:36	Bangunan cukup tinggi tetapi memiliki berat relatif ringan. Struktur mampu mempertahankan kestabilan selama pengujian dan memiliki waktu runtuh paling lama. Juara 1.
8H1	39,5	18,9	315	6:08	Dimensi cukup proporsional dengan berat relatif sedang sehingga memiliki kestabilan yang cukup baik terhadap getaran.
8H2	40,5	18,3	380	5:32	Dimensi cukup proporsional, tetapi berat lebih tinggi dibandingkan dengan 8H1, sehingga gaya inersia yang bekerja lebih besar.
8H3	38,2	20	535	3:26	Tinggi relatif rendah dan lebar cukup besar, tetapi berat merupakan salah satu yang tertinggi sehingga gaya inersia selama pengujian cukup besar dan menyebabkan keruntuhan lebih cepat.
8H4	43	21	580	7:46	Dimensi cukup stabil dengan lebar yang baik, tetapi merupakan bangunan paling berat sehingga gaya inersia besar. Tetap mampu bertahan cukup lama. Juara 3.

Berdasarkan hasil *Shaking Table Test* pada Tabel 2, ketahanan model bangunan dipengaruhi oleh tinggi, lebar dasar, berat, dan kestabilan struktur. Model dengan lebar dasar yang lebih besar cenderung memiliki kestabilan yang lebih baik, sedangkan berat bangunan yang tinggi dapat meningkatkan gaya inersia saat terjadi getaran. Model 8G4 memiliki waktu bertahan paling lama, yaitu 9 menit 36 detik, sehingga memperoleh Juara 1, diikuti model 8G3 dengan waktu bertahan 8 menit 52 detik sebagai Juara 2, dan model 8H4 dengan waktu bertahan 7 menit 46 detik sebagai Juara 3. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa desain, proporsi, dan kestabilan struktur memiliki peran penting terhadap ketahanan model bangunan terhadap getaran. Kegiatan ini juga membantu siswa memahami secara langsung konsep kestabilan, gaya inersia, dan respons struktur terhadap simulasi getaran gempa.



Gambar 11. Perbandingan Waktu Keruntuhan Model Bangunan pada Pengujian *Shaking Table Test*

Gambar 11 menunjukkan perbandingan waktu keruntuhan 12 model bangunan dari kelas 8F, 8G, dan 8H pada pengujian *Shaking Table Test*. Waktu keruntuhan berada pada rentang 3–10 menit, dengan model 8G4 memiliki waktu bertahan paling lama, yaitu 9 menit 36 detik, disusul 8G3 selama 8 menit 52 detik dan 8H4 selama 7 menit 46 detik. Ketiga model tersebut masing-masing memperoleh Juara 1, Juara 2, dan Juara 3. Perbedaan waktu keruntuhan menunjukkan bahwa ketahanan model dipengaruhi oleh kombinasi tinggi, lebar dasar, berat, serta desain dan kestabilan struktur terhadap getaran.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini membuktikan bahwa pengembangan media interaktif *shaking table* berbasis Arduino berhasil memfasilitasi ekosistem pembelajaran STEM dengan pendekatan PjBL secara efektif di SMPN 80 Jakarta. Evaluasi kognitif menunjukkan terjadinya fenomena *ceiling effect* dengan capaian pre-test (98,38) dan post-test (98,92) yang sangat tinggi. Hal ini menegaskan bahwa instrumen kognitif tertulis tidak lagi cukup sensitif untuk mengukur progres belajar. Oleh karena itu, integrasi *shaking table* terbukti krusial dalam menggeser fokus asesmen menuju ranah psikomotorik dan afektif melalui perancangan maket fisik. Sesuai dengan kerangka OBE, perangkat uji *real-time* ini berhasil memvisualisasikan fenomena resonansi gelombang gempa sekaligus mengonversi pengetahuan teoretis siswa menjadi keterampilan sintesis rekayasa struktural. Ke depannya, direkomendasikan agar sekolah secara kontinu memanfaatkan perangkat keras ini sebagai instrumen asesmen eksperimental untuk membiasakan siswa pada investigasi empiris dan pemecahan masalah kebencanaan secara nyata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pelaksana mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Kristen Indonesia atas

dukungan finansial penuh untuk kegiatan ini. Apresiasi juga disampaikan kepada Kepala Sekolah, dewan guru IPA, dan para siswa SMP Negeri 80 Jakarta atas partisipasi aktif. Kolaborasi strategis ini diharapkan dapat berlanjut pada program-program pemberdayaan pendidikan berikutnya guna mewujudkan proses pembelajaran sains yang semakin inovatif dan berbasis pengalaman.

DAFTAR PUSTAKA

- A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (p. 13165). (2012). National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Ardianto, D., Rubini, B., Pursitasari, I. D., & Rachman, I. (2021). STEM-Blended Learning Regarding Earthquake Disaster: Prospective Teachers' Perception. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 18(3), 556–563. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v18i3.556-563>
- Bell, S. (2010). Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39–43. <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>
- Bybee, R. W. (2018). STEM education now more than ever. NSTA Press, National Science Teachers Association.
- Chen, Z., Keating, D., Shethwala, Y., Saravanakumaran, A. A. P., Arrowsmith, R., Kottke, A., Wittich, C., & Das, J. (2024). Shakebot: A Low-cost, Open-source Robotic Shake Table for Earthquake Research and Education (arXiv:2212.10763). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.10763>
- Diana, N., Yohannes, & Sukma, Y. (2021). The effectiveness of implementing project-based learning (PjBL) model in STEM education: A literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1), 012146. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012146>
- Maryanti, R. D., & Kusumaningrum, S. R. (2025). Student Responses and Learning Outcomes in STEM Learning Based on Project-Based Learning

- (PjBL). JP (Jurnal Pendidikan): Teori dan Praktik, 10(2), 211–218.
<https://doi.org/https://doi.org/10.26740/jp.v10n2.p211-218>
- McDaniel, A. M. (2025). Integrating Artificial Intelligence in STEM Education: Enhancing Learning Through Smart Technologies. *American Journal of STEM Education*, 7, 1–10. <https://oed.org/STEM/article/view/7736>
- Musacchio, G., Goretti, A., & Meroni, F. (2025). Building Resilience: Youth Learning Through Earthquake Shaking Simulations. *Geosciences*, 15(6), 216. <https://doi.org/10.3390/geosciences15060216>
- Nasution, S. L. S., & Setyaningrum, W. (2024). Enhancing Higher-Order Thinking and Conceptual Understanding through STEM-PjBL: A Comprehensive Assessment of Its Impact on Education. *Indonesian Journal of Educational Research and Review*, 7(3), 656–666. <https://doi.org/10.23887/ijerr.v7i3.81285>
- Nhat, N. C., Oanh, T. T. K., & Hang, P. T. T. (2024). The Effect of STEM Education on Academic Performance: A Meta-Analysis Study. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 23(11), 180–195. <https://doi.org/10.26803/ijlter.23.11.9>
- OECD. (2023). PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Rahman, N., Heridadi, Lasmono, Imansyah, M., & Bahar, F. (2021). Lesson learn earthquake disaster in Pidie Jaya, Aceh, in 2016 to realize a disaster-resistant community. *E3S Web of Conferences*, 331, 04004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202133104004>
- Setiasih, I., Winarno, N., Prima, E. C., Qamila, F., Firdaus, R. A., & Ahmad, N. J. (2026). Fostering students' critical thinking through STEM project-based learning: Designing earthquake-resistant buildings. *STEM Education*, 6(2), 284–306. <https://doi.org/10.3934/steme.2026012>

Simanjuntak, Prasetyo, Tampubolon, Pane, Tambunan, Angel, Manurung, Devano, Siboro, Nainggolan

Setiawan, A. (2024). Pendidikan Mitigasi Bencana Gempa Bumi Melalui Pembelajaran Berbasis Proyek SIAP STEM. *Jurnal Jaringan Penelitian Pengembangan Penerapan Inovasi Pendidikan (Jarlitbang)*, 137-150. <https://doi.org/10.59344/jarlitbang.v10i2.254>