

## TEKNOLOGI TEPAT GUNA PEMBUATAN ALAT PENDETEKSI GEMPA BUMI SEDERHANA

Basuki<sup>1\*)</sup>; Warsiyah<sup>2)</sup>; Rita Dewi Triastianti<sup>3)</sup>; Triatmi Sri Widyaningsih<sup>4)</sup>

<sup>1) 2) 3) 4)</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Intitut Teknologi Yogyakarta  
Email: \*) [basukiyn123@gmail.com](mailto:basukiyn123@gmail.com)

Teknologi pembuatan alat pendeteksi gempa bumi sederhana untuk memberikan solusi awal dalam mengenali getaran tanah secara praktis. Perancangan alat ini bertujuan untuk memberikan pemahaman teknis mengenai prinsip kerja sensor getaran dan respon mekanis terhadap gangguan seismik. Selain itu perancangan alat ini juga diharapkan dapat menjadi contoh teknologi tepat guna yang dapat dimanfaatkan dalam kegiatan pengabdian masyarakat atau kegiatan edukatif di lingkungan sekolah dan komunitas. Dengan adanya alat ini diharapkan kesiapsiagaan dan kesadaran masyarakat terhadap potensi bencana gempa bumi serta menjadi sarana pembelajaran praktis dalam bidang kebencanaan dan rekayasa teknologi.

Metode Pengujian alat dilakukan dengan cara mensimulasikan getaran yang menyerupai gempa menggunakan getaran buatan, misalnya mengetuk atau mengguncangkan meja. Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif. Data yang diperoleh dari hasil pengujian dicatat dan dianalisis untuk mengetahui efektivitas dan keterbatasan alat.

Hasil penelitian bahwa pendeteksi gempa bumi ini membuktikan bahwa prinsip bandul cukup efektif sebagai sensor getaran sederhana. Bandul yang digantung secara bebas akan bereaksi terhadap pergerakan tanah. Berdasarkan penelitian menunjukkan bahwa alat ini dapat mendeteksi gempa minimal magnitudo 3 skala richter.

Kata Kunci: Teknologi Tepat Guna Pembuatan Pendeteksi Gempa Bumi Sederhana

### **TECHNOLOGY USED TO MAKE A SIMPLE EARTHQUAKE DETECTOR**

*The technology for creating a simple earthquake detection device provides an initial solution for practically recognizing ground vibrations. The design of this device aims to provide a technical understanding of the operating principles of vibration sensors and the mechanical response to seismic disturbances. Furthermore, the design of this device is also expected to serve as an example of appropriate technology that can be utilized in community service activities in schools and communities. With this tool it is hoped that public preparedness and awareness of the potential for earthquake disasters will increase and it will become a practical learning tool in the field of disaster management and engineering technology.*

*The tool testing method was carried out by simulating earthquake-like vibrations, such as tapping or shaking a table. Data analysis was carried out using qualitative descriptive methods. Data obtained from the test results were recorded and analyzed to determine the effectiveness and limitations of the tool.*

*Research shows that this earthquake detector proves the pendulum principle to be quite effective as a simple vibration sensor. A freely suspended pendulum will react to ground vibrations. Research shows that this device can detect earthquakes of at least magnitude 3 on the richter scale.*

*Keywords: Appropriate Technology, making a simple earthquake detect*

### **PENDAHULUAN**

Salah satu permasalahan yang dihadapi oleh masyarakat Indonesia adalah gempa bumi. Indonesia, dengan posisi geografisnya di jalur Cincin Api Pasifik, merupakan wilayah dengan aktivitas seismik yang tinggi. Berdasarkan data gempa yang diperoleh dari BMKG, pada tahun 2023 tercatat sebanyak 10.789 gempa bumi terjadi di wilayah Indonesia, dengan berbagai magnitudo dan kedalaman, menurut laporan BSN. Jumlah ini melebihi rata-rata tahunan sekitar 7.000 kali gempa. Secara umum, Indonesia mengalami ribuan gempa bumi setiap tahunnya, baik yang berkekuatan kecil maupun besar. Beberapa di antaranya bahkan memiliki kekuatan yang cukup besar untuk memicu terjadinya tsunami.

Gempa bumi dapat terjadi secara tiba-tiba dan memberikan dampak yang besar, mulai dari kerusakan infrastruktur hingga korban jiwa, terutama jika tidak ada sistem peringatan dini yang memadai. Saat ini, sistem deteksi gempa yang canggih memang telah dikembangkan, namun umumnya memerlukan biaya yang tinggi dan teknologi yang kompleks. Hal ini menjadi kendala utama bagi masyarakat di daerah terpencil atau bagi lembaga pendidikan yang ingin memberikan pemahaman dini mengenai mitigasi bencana. Maka diperlukan inovasi alat pendeteksi gempa bumi yang sederhana, murah, dan mudah digunakan sebagai upaya awal mitigasi risiko.

Pembuatan alat pendeteksi gempa bumi sederhana ini bertujuan untuk memberikan solusi awal dalam mengenali getaran tanah secara praktis. Perancangan dan pembuatan alat ini bertujuan untuk memberikan pemahaman teknis mengenai prinsip kerja sensor getaran dan respon mekanis terhadap gangguan seismik. Selain itu, proyek ini juga diharapkan dapat menjadi contoh teknologi tepat guna yang dapat dimanfaatkan dalam kegiatan pengabdian masyarakat atau kegiatan edukatif di lingkungan sekolah dan komunitas.

Dengan adanya alat ini, diharapkan kesiapsiagaan dan kesadaran masyarakat terhadap potensi bencana gempa bumi serta menjadi sarana pembelajaran praktis dalam bidang kebencanaan dan rekayasa teknologi.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sebuah prototipe alat pendeteksi gempa bumi sederhana yang memanfaatkan prinsip fisika bandul. Alat ini dirancang dengan pendekatan *appropriate technology* (teknologi tepat guna) yang mengutamakan kesederhanaan, biaya terjangkau, dan penggunaan material lokal. Tujuan pertama adalah menghasilkan sebuah alat yang dapat mendeteksi getaran tanah secara mekanis dan memberikan peringatan visual atau audio ketika terjadi guncangan melebihi ambang batas tertentu.

Selanjutnya, penelitian ini menganalisis tingkat kemudahan penggunaan serta potensi penerimaan alat di tingkat masyarakat. Aspek ini dikaji melalui pengujian dan simulasi pengguna untuk mengevaluasi aspek ergonomi, kemudahan instalasi, perawatan, dan kejelasan sistem peringatan. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa alat yang dikembangkan benar-benar dapat dipahami dan dioperasikan oleh masyarakat awam dengan pelatihan minimal.

Secara lebih luas, tujuan ketiga adalah mengevaluasi potensi implementasi alat ini sebagai solusi peringatan dini komplementer di daerah rawan gempa, khususnya di wilayah dengan akses terbatas terhadap teknologi peringatan canggih. Evaluasi mencakup analisis keandalan, keterbatasan, serta strategi integrasinya dengan sistem peringatan berbasis komunitas. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan tidak hanya menghasilkan prototipe fungsional, tetapi juga memberikan rekomendasi tentang potensi pemanfaatannya sebagai bagian dari upaya meningkatkan kesiapsiagaan bencana di tingkat akar rumput.

## **Gempa Bumi**

Gempa bumi merupakan sebuah getaran yang diakibatkan oleh lepasnya energi dari dalam dengan tiba-tiba dan menimbulkan gelombang seismik. Gempa bumi diakibatkan karena adanya pergerakan lempeng bumi. Menurut penyebabnya, gempa bumi terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

### **1) Gempa Tektonik**

Gempa bumi yang disebabkan oleh pergerakan lempeng bumi disebut gempa tektonik dan dapat menyebabkan getaran mulai dari kecil sampai yang terbesar. Gempa tektonik saat mencapai skala besar memiliki potensi untuk menghancurkan permukaan bumi. Mayoritas gempa bumi tektonik adalah yang paling sering terjadi di Indonesia. Gempa tektonik yang berpusat di laut dapat menyebabkan tsunami yang menghantam daratan.

### **2) Gempa Vulkanik**

Gempa yang disebabkan oleh magma yang bergerak di dalam gunung berapi disebut gempa vulkanik. Kejadian gempa vulkanik ini umumnya terjadi ketika gunung berapi saat masa aktif

dan beberapa saat sebelum meletus. Gempa vulkanik disebabkan karena tekanan gas yang sangat tinggi yang ada di dalam sumbatan kawah. Dengan kata lain, pergerakan magma dan tekanan gas adalah faktor utama yang memicu gempa vulkanik. Dalam kontrasnya, gempa tektonik terjadi akibat gesekan lempeng bumi yang bergerak, sedangkan gempa vulkanik berkaitan dengan tekanan gas yang terakumulasi di dalam gunung berapi.

### 3) Gempa Tumbukan

Gempa tumbukan adalah jenis gempa bumi yang terjadi ketika benda langit seperti meteor dan asteroid jatuh ke permukaan Bumi. Guncangan gempa ini diakibatkan oleh benturan benda langit yang jatuh ke permukaan bumi. Dampak dari tumbukan tersebut tidak membentuk getaran di permukaan bumi, tetapi membentuk kawah di atasnya.

### Skala Richter

Skala Richter atau SR didefinisikan sebagai logaritma (basis 10) dari amplitudo maksimum, yang diukur dalam satuan mikrometer, dari rekaman gempa oleh instrumen pengukur gempa (seismometer) Wood-Anderson, pada jarak 100 km dari pusat gempanya. Berikut adalah data Skala Intensitas Gempa (SIG) Badan meteorologi, klimatologi, dan geofisika (BMKG).

Tabel 1. Skala Intensitas Gempa (SIG)

Skala SIG BMKG	Warna	Deskripsi	Keterangan	Skala MMI	PGA (gal)
I	Putih	Tidak dirasakan	Tidak dirasakan atau dirasakan oleh beberapa orang tetapi terekam oleh alat	I-II	<2,9
II	Hijau	Dirasakan	Dirasakan oleh orang banyak tetapi tidak menimbulkan kerusakan benda ringan yang di gantung bergoyang dan jendela kaca bergetar	III-V	2,9-88
III	Kuning	rusakan ringan	Bagian non struktur bangunan mengalami kerusakan ringan, seperti retak rambut pada dinding, atap bergeser ke bawah dan sebagian berjatuhan	VI	89-167
IV	Jingga	rusakan sedang	Banyak retakkan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah, sebagian plester dinding lepas. Hampir sebagian besar atap bergeser kebawah atau jatuh struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang	VII-VIII	168-564
V	Merah	rusakan berat	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh, struktur bangunan mengalami kerusakan berat, rel kereta api melengkung	IX-XII	>564

Sumber: Andrean Danofic, 2023.

Tabel 2. Skala Richter dan Efek Gempa

Skala Richter	Efek Gempa
<2,0	Gempa kecil tidak terasa
2,0-2,9	Tidak terasa tetapi terekan oleh alat
3,0-3,9	Seringkali terasa, tetapi jarang menimbulkan kerusakan
4,0-4,9	Dapat diketahui dari getarnya perabot dalam ruangan, suara gaduh bergetar, kerusakan tidak terlalu signifikan.
5,0-5,9	Dapat menyebabkan kerusakan besar pada bangunan pada area yang kecil umumnya kerusakan kecil pada bangunan yang didesain

Skala Richter	Efek Gempa
	dengan baik.
6,0-6,9	Dapat merusak area hingga jarak 160 km
7,0-7,9	Dapat menyebabkan kerusakan serius dalam area lebih luas
8,0-8,9	Dapat menyebabkan kerusakan serius dalam area lenih ratusan mil
9,0-9,9	Menghancurkan area ribuan mil
10-10,9	Terada dan dapat menghancurkan sebuah benua
11-11,9	Dapat terasa di separuh sisi bumi biasanya hanya terjadi akibat tumbukan meteorit raksasa. Biasanya disertai dengan gemuruh. Contohnya tumbukan meteorit di teluk chesepeak.
12-12,9	Bisa terasa di seluruh dunia. Hanya terekam sekali. Saat tumbukan meteorit di semenanjung Yucatan, 65 juta tahun yang lalu yang membentuk kawah chicxulub
>13,0	Belum pernah terekam

*Sumber: Andrean Danofic, 2023.*

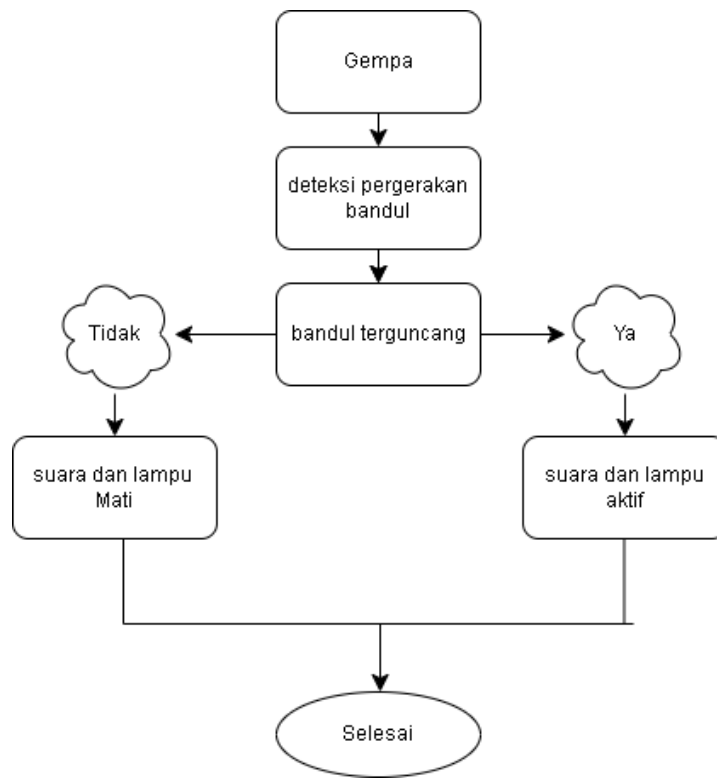
### **Pendeteksi Gempa dengan Bandul**

Alat pendeteksi gempa bumi berbasis bandul (pendulum) bekerja dengan prinsip inersia massa. Saat terjadi getaran tanah, struktur tempat bandul digantung (seperti tabung paralon) akan bergerak, sementara bandul cenderung mempertahankan posisinya karena gaya inersia. Hal ini menyebabkan bandul berayun dan menyentuh permukaan atau komponen lain yang kemudian dapat dijadikan sinyal adanya getaran (Sutrisno, 2012).

Sebuah alat deteksi gempa dapat dibuat dengan beberapa komponen elektronika dan buzzer atau sirine. Prinsip kerja alat deteksi gempa sangat sederhana yaitu dengan mendeteksi ayunan atau getaran yang terjadi. Sensor inframerah digunakan untuk mendeteksi ayunan gedung sehingga saat gempa terjadi alat bandul akan ikut berayun sehingga terjadi pergeseran sinyal inframerah kemudian akan memicu alarm (Fajar dan Yussa, 2022). Bandul dapat digunakan secara sederhana untuk menunjukkan adanya getaran secara visual. Menyentuh kawat atau elektroda untuk menutup rangkaian listrik dan mengaktifkan alarm.

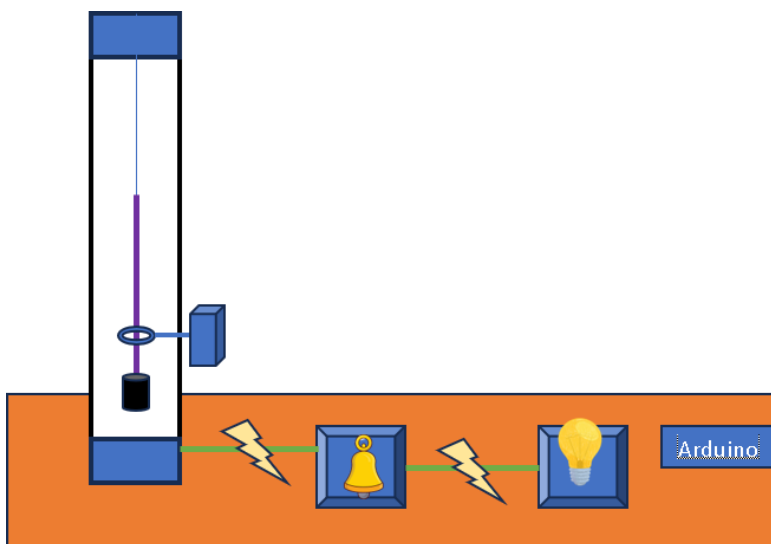
### **METODOLOGI PENELITIAN**

Alat pendeteksi gempa bumi (seismometer) secara umum bekerja dengan mendeteksi gerakan tanah. Pada alat modern, prinsipnya berdasarkan perubahan posisi massa terhadap kerangka tetap, yang kemudian diubah menjadi sinyal listrik untuk dianalisis (Hidayat, 2019). Sementara itu, alat sederhana dapat memanfaatkan mekanisme fisik seperti sistem bandul yang sensitif terhadap gerakan horizontal atau vertikal.



Gambar 1. Diagram Alir Cara Kerja Alat

Bandul tergantung di tengah-tengah paralon. Bandul digantung pada kawat konduktor yang diikat dengan tali dan kabel, bandul diletakkan pada posisi yang memungkinkan berayun bebas. Ketika gempa terjadi, getaran tanah akan membuat bandul berayun. Gerakan bandul akan mengenai ring yang sudah disambungkan dengan kabel, sehingga kawat konduktor akan bertemu ring dan menyebabkan sinyal Listrik. Saat bandul mengenai ring, maka sensor bunyi dan lampu akan aktif, untuk memberikan tanda adanya getaran atau guncangan.



Gambar 2. Prototipe Alat Pendeteksi Gempa

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan pendekatan kualitatif. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat alat pendeteksi gempa bumi sederhana yang bekerja berdasarkan prinsip bandul sebagai sensor getaran.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2025. Pengujian alat dilakukan dengan cara mensimulasikan getaran yang menyerupai gempa menggunakan getaran buatan, misalnya mengetuk atau mengguncangkan meja.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan alat pendeteksi gempa bumi sederhana ini antara lain:

Bahan	Alat
Bandul	Gergaji
Kawat Konduktor	Tang
Ring sekrup (sekrup gantung) + sekrup	Obeng
Benang nilon	Gunting /cutter
Paralon PVC 1 ½ “	tespen
Tutup paralon 1 ½”	
Buzzer/bel Listrik	
Lampu	
Fitting lampu	
Steker	
Kabel kecil dan besar + klem kabel	
Papan + balok kayu	
Isolasi Listrik	

### Prosedur Pembuatan Alat

1. Membuat kerangka alat dari papan yang cukup kuat untuk menopang bandul dan komponen lainnya.
2. Memasang bandul, yaitu pemberat logam digantung dengan kawat atau benang pada bagian atas kerangka.
3. Menempatkan pelat logam atau kawat sensor di posisi sejajar dengan bandul, sehingga ketika bandul bergoyang akibat getaran, akan menyentuh sensor.
4. Menghubungkan sensor dengan indikator, seperti lonceng atau buzzer, yang akan berbunyi saat terjadi sentuhan akibat getaran.
5. Melakukan pengujian awal untuk memastikan bandul bergerak bebas dan sistem alarm bekerja saat bandul menyentuh sensor.

### Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif terhadap seluruh data yang diperoleh dari hasil pengujian prototipe. Tujuan utama analisis ini adalah untuk mengetahui tingkat efektivitas serta mengidentifikasi berbagai keterbatasan yang dimiliki oleh alat. Evaluasi difokuskan pada tiga aspek kunci performa alat. Pertama, kemampuan alat dalam mendeteksi getaran kecil secara cepat dan responsif. Kedua, tingkat akurasi sistem bandul dalam memicu mekanisme alarm tepat saat getaran yang signifikan terjadi, sehingga meminimalisasi false negative. Ketiga, evaluasi terhadap kestabilan dan ketahanan alat dari kemungkinan gangguan eksternal, seperti tiupan angin kencang atau getaran buatan dari aktivitas sehari-hari di sekitarnya, untuk memastikan keandalannya dan mencegah peringatan palsu atau false alarm.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat ini dirakit pada kerangka papan dengan struktur yang kokoh dan memungkinkan bandul bergerak bebas saat terjadi getaran.



Gambar 3. Alat Pendeteksi Gempa Bumi Sederhana

Alat ini bekerja saat terjadi getaran ringan—bandul akan bergoyang dan menyentuh pelat logam, sehingga menghasilkan suara sebagai alarm peringatan dini. Saat diuji coba dengan simulasi getaran (meja digetarkan), bandul mulai menyentuh pelat logam pada intensitas gerakan tertentu dan langsung membunyikan indikator (bel listrik).

### Pengujian Alat

Pengujian dilakukan dengan tiga skenario berbeda, yaitu:

1. Tanpa getaran : alat tidak menghasilkan bunyi.
2. Getaran ringan (mengetuk meja secara perlahan) : bandul mulai bergerak dan menyentuh pelat logam setelah 2-3 detik.
3. Getaran kuat (mengguncang meja dengan cepat) : bandul bergerak lebih cepat dan membunyikan alarm dalam waktu kurang dari 1 detik.

Tabel 2. Hasil Pengujian

No	Skenario	Waktu Respon	Indikator Bunyi Aktif
1	Tanpa getaran	-	Tidak
2	Getaran ringan	2-3 detik	Ya
3	Getaran sedang-kuat	<1 detik	Ya

Alat pendeteksi gempa bumi berbasis bandul ini berhasil membuktikan bahwa prinsip bandul yang digantung secara bebas merupakan sensor getaran sederhana yang cukup efektif. Alat ini bekerja dengan mendeteksi reaksi bandul terhadap pergerakan tanah atau struktur tempat ia dipasang, dan

berdasarkan pengujian serta penelitian terdahulu, diketahui mampu memberikan respons terhadap gempa minimal berkekuatan magnitudo 3 Skala Richter.

Keunggulan utama alat ini terletak pada desainnya yang tepat guna. Ia dirancang agar tidak membutuhkan energi listrik yang tinggi, sehingga sangat hemat dan dapat diandalkan dalam berbagai kondisi. Komponen-komponen penyusunnya juga relatif mudah diperoleh di pasaran dengan harga yang terjangkau, sementara proses perakitannya cukup sederhana sehingga dapat dimanfaatkan sebagai media edukasi dan pelatihan praktis.

Namun, di balik keunggulannya, alat ini masih memiliki beberapa kelemahan yang perlu disempurnakan. Sensitivitasnya, misalnya, masih perlu disesuaikan lebih cermat untuk mencegah aktivasi yang terlalu mudah oleh gangguan non-seismik, seperti hembusan angin kencang atau getaran dari lalu lintas kendaraan. Selain itu, alat ini belum dilengkapi dengan sistem perekaman atau analisis data digital, sehingga akurasi masih bersifat kualitatif—hanya memberikan indikasi "ya" atau "tidak" terhadap adanya getaran—tanpa kemampuan untuk mengukur besaran atau intensitas getaran secara numerik.

Meskipun demikian, dengan segala keterbatasannya, alat ini memiliki potensi penerapan yang sangat berarti. Ia sangat cocok digunakan sebagai alat peraga dalam program pendidikan kebencanaan di sekolah-sekolah untuk meningkatkan pemahaman dan kewaspadaan siswa. Lebih dari itu, dalam konteks yang lebih luas, alat ini dapat berfungsi sebagai alternatif sistem peringatan dini yang sederhana dan mandiri untuk diterapkan di tingkat rumah tangga atau lingkungan komunitas di daerah rawan gempa, sebagai langkah awal dalam membangun kesiapsiagaan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian alat pendeteksi gempa bumi sederhana yang memanfaatkan prinsip kerja bandul, dapat disimpulkan bahwa:

1. Alat berhasil dibuat menggunakan bahan sederhana dan mudah didapat, seperti bandul, pelat logam, dan indikator suara.
2. Prinsip kerja bandul efektif digunakan untuk mendeteksi getaran, di mana pergerakan bandul akibat gempa akan memicu alarm sebagai sistem peringatan dini.
3. Alat ini cukup sensitif terhadap getaran ringan hingga sedang, serta mampu memberikan respon cepat terhadap perubahan gerak.
4. Alat ini sangat cocok digunakan sebagai alat bantu edukasi mitigasi bencana, terutama di lingkungan sekolah atau rumah.

## SARAN

Agar alat ini lebih efektif dan bermanfaat, beberapa saran yang dapat dipertimbangkan antara lain:

1. Diperlukan pengembangan lanjutan untuk meningkatkan sensitivitas dan mengurangi gangguan non-seismik, misalnya dengan sistem pegas peredam.
2. Penambahan sistem digital, seperti sensor akselerometer dan mikrokontroler (arduino), dapat membantu merekam dan menganalisis data getaran secara lebih akurat.
3. Disarankan melakukan pengujian lebih lanjut dengan berbagai variasi kondisi lingkungan untuk mengetahui batas sensitivitas alat secara lebih rinci.
4. Untuk keperluan edukasi, sebaiknya disertai dengan penjelasan grafis atau modul ajar tentang prinsip kerja bandul dan gempa bumi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andrean Danofic (.2023) *Alat Pendeteksi gempa Bumi*
- Halliday, D., & Resnick, R. (2014). *Fisika Dasar Jilid 1* (Edisi 7). Jakarta: Erlangga.
- Hidayat, T. (2019). *Pengantar Seismologi dan Aplikasi Deteksi Dini Gempa*. Bandung: Penerbit ITB Press.



- Prasetyo, A. (2022). "Pengaruh Panjang Tali dan Massa Bandul terhadap Sensitivitas Alat Deteksi Gempa Sederhana." *Jurnal Sains Terapan*, 8(2), 115–123.
- Sari, M. (2021). "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Gempa Berbasis Bandul dan Sensor Getaran." *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 17(1), 45–52.
- Utama, R. (2017). *Mitigasi Bencana Alam: Strategi dan Teknologi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wibowo, T., & Lestari, R. (2023). "Media Edukasi Bencana: Alat Deteksi Gempa Sederhana untuk Siswa Sekolah Dasar." *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 5(1), 22–30.
- Yuliana, D. (2020). "Pemanfaatan Bandul Sebagai Alat Peringatan Dini Gempa Sederhana." *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains*, 4(1), 66–71.