

Implementasi Alat Pendeteksi Dini (Early Warning System) Untuk Gempa Bumi Berbasis Arduino Di Sma Negeri 4 Kejuruan Muda Aceh Tamiang

Muhammad Ari Fahril ^{*1}, Fajriani¹, Ginda Maruli Andi Siregar¹, Sabrian Tri Anda¹, Ida Ratna Nila¹, Radhiyullah Armi¹, Tomi Afrizal¹, Rachmad Almi Putra¹, Afrahun Naziah¹, Sakinah Humaira Ficqtra¹, Thania Alisya¹

¹Universitas Samudra

e-mail: *muhammadarifahril@unsam.ac.id

ABSTRAK

Indonesia termasuk wilayah rawan gempa karena berada pada zona subduksi dengan struktur geologi yang rumit. Untuk mendukung upaya mitigasi bencana, program pengabdian ini merancang serta mengimplementasikan alat pendeteksi dini gempa bumi (early warning system) berbasis Arduino di SMA Negeri 4 Kejuruan Muda, Aceh Tamiang. Sistem ini memanfaatkan sensor accelerometer MPU 6050 yang mampu merekam getaran tanah dalam tiga arah. Data sensor kemudian difilter, dikonversi, dan dianalisis sebelum diintegrasikan dengan software pendukung dan layar LCD. Kegiatan dilakukan melalui perancangan prototipe alat, pengujian fungsional di lingkungan sekolah, serta kegiatan sosialisasi dan pelatihan penggunaan bagi guru dan siswa. Hasil penerapan menunjukkan bahwa alat dapat mendeteksi getaran secara real-time dan memberikan peringatan dini melalui tampilan visual dan bunyi alarm. Program ini tidak hanya meningkatkan kesiapsiagaan sekolah terhadap potensi gempa bumi, tetapi juga berfungsi sebagai media pembelajaran berbasis teknologi yang memperkuat pemahaman siswa mengenai mitigasi bencana serta penerapan ilmu pengetahuan dalam kehidupan sehari-hari.

Kata Kunci: Gempa bumi, Sistem Peringatan Dini, Arduino, Sensor MPU6050, Mitigasi

ABSTRACT

Indonesia is highly prone to earthquakes because it lies within a subduction zone characterized by complex geological structures. To support disaster mitigation efforts, this community service program designed and implemented an Arduino-based earthquake early warning system at SMA Negeri 4 Kejuruan Muda, Aceh Tamiang. The system utilizes an MPU6050 accelerometer sensor capable of recording ground vibrations in three directions. The collected data are filtered, converted, and analyzed before being integrated with supporting software and displayed on an LCD screen. The activities included designing the prototype device, conducting functional testing in the school environment, and organizing socialization and training sessions for teachers and students. The implementation results show that the device can detect vibrations in real time and provide early warnings through both visual displays and audible alarms. This program not only enhances the school's preparedness for potential earthquakes but also serves as a technology-based learning medium that strengthens students' understanding of disaster mitigation and the practical application of scientific knowledge in everyday life.

Keywords: Earthquake, Early Warning System, Arduino, MPU6050 Sensor, Mitigation

PENDAHULUAN

Indonesia berada di zona subduksi dimana lempeng samudera menabrak lempeng benua, selain itu kondisi geologi yang komplek membuat Indonesia rentan terhadap bencana khususnya gempa bumi. Gempa bumi memiliki ancaman yang serius bagi kehidupan terutama di lingkungan yang dekat dengan sesar aktif utama baik di darat maupun di zona subduksi di daerah pantai (Wu and Kanamori, 2008). Hal ini terbukti dengan terjadinya beberapa gempa bumi di Indonesia yang menelan banyak korban serta menimbulkan kerugian yang sangat besar. Dampak yang dapat ditimbulkan dari gempa bumi adalah kehilangan nyawa, cedera, kerusakan properti, dan bahkan

berdampak ke perekonomian (Strauss and Allen, 2016).

Salah satu upaya manusia untuk mengurangi korban jiwa pada saat gempa bumi adalah dengan membuat alat peringatan dini yang akan mengeluarkan bunyibunyian saat terjadi gempa. Alat peringatan dini ini, ada yang bekerja secara mekanik dan ada juga yang bekerja dengan menggunakan komponen elektronika. Early warning system berperan untuk mengurangi dampak bencana pada industri padat penduduk khususnya, mitigasi gempa bumi, ledakan, dan pelepasan bahan berbahaya terkait dengan fasilitas strategis dan jalur kehidupan (Alcik et al., 2009)

Sampai saat ini early warning system gempa bumi masih mengandalkan informasi dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan media massa. Kendala akan muncul jika masyarakat dengan akses yang terbatas dan informasi yang kurang cepat tersebar membuat early warning system menjadi kurang efektif. Tantangan yang nyata adalah penyediaan peralatan fungsi yang sama dengan alat yang dimiliki lembaga khususnya BMKG yang ekonomis dan terjangkau masih minim, sehingga masyarakat luas belum bisa merasakan manfaat early warning system gempa bumi. Salah satu sasaran masyarakat yang paling penting untuk diprioritaskan yaitu sekolah, mengingat banyaknya masyarakat yang melakukan aktivitas di tempat tersebut.

SMA Negeri 4 Kejuruan Muda (SMAN 4 Kejuruan Muda) adalah sekolah menengah atas negeri yang terletak di Jalan Alur Meranti, Desa Sungai Liput, Kecamatan Kejuruan Muda, Kabupaten Aceh Tamiang, Provinsi Aceh. Sekolah ini didirikan pada 21 Juli 2006 dan memiliki Nomor Pokok Sekolah Nasional (NPSN) 10108046. SMAN 4 Kejuruan Muda menawarkan kurikulum 2013 dengan program studi Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dan Ilmu Pengetahuan Sosial (IPS). Sekolah ini memiliki akreditasi B. Fasilitas yang tersedia di SMAN 4 Kejuruan Muda meliputi 27 ruang kelas, 3 laboratorium (Biologi, Kimia, dan Fisika), serta 1 perpustakaan. Selain itu, terdapat 5 fasilitas sanitasi untuk siswa. Sekolah ini juga memiliki 51 orang guru dan 16 tendik dengan jumlah total siswa sebanyak 711.

Dengan kondisi mitra yang memiliki jumlah guru dan tendik serta siswa yang banyak, perlu dirancang sebuah alat pendeteksi dini gempa yang bisa dimanfaatkan pada sekolah tersebut. Adapun kebutuhan mitra terkait alat tersebut didasari oleh penelitian seorang guru fisika di sekolah tersebut dengan judul Bandul si Alarm Gempa Produk Implementasi STEAM dalam Pembelajaran Fisika Berbasis Inquiry Pada kelas XI Mia 4 (Andriani, 2020). Dengan meningkatnya jumlah warga sekolah, penggunaan alat yang hanya bersifat eksperimen dalam ruang kelas menjadi kurang memadai. Oleh karena itu, dibutuhkan pengembangan lanjutan dari alat prototipe agar dapat berfungsi secara operasional dan sistematis dalam mendukung kesiapsiagaan sekolah terhadap gempa bumi. Hal ini yang mendasari perlunya pengembangan lanjutan serta implementasi dari penelitian tersebut.

Tujuan dari pengabdian ini adalah membuat suatu alat early warning system gempa bumi yang ekonomis, efektif, dan portable. Fokus Pengabdian ini adalah implementasi dari penelitian yang bersinergi dengan penelitian yang berfokus dalam membuat sebuah alat pendeteksi dini yang terintegrasi dan adaptif terhadap lingkungan sehingga bisa diterapkan dalam mitigasi bencana gempa bumi. (Desifatma et al., 2022).

Beberapa permasalahan prioritas yang bisa dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Kurangnya Sistem Peringatan Dini Gempa Bumi yang Efektif → Di banyak daerah rawan gempa, sistem peringatan dini belum optimal bahkan tidak tersedia, sehingga masyarakat yang ada di sekolah tidak memiliki cukup waktu untuk menyelamatkan diri.

2. Tingginya Risiko Kerusakan dan Korban Jiwa akibat Gempa → Tanpa sistem mitigasi yang baik, gempa dapat menyebabkan dampak yang lebih besar, baik dalam hal infrastruktur maupun keselamatan manusia.

Adapun solusi permasalahan yang bisa dirumuskan yaitu :

1. Pembuatan alat pendeteksi dini gempa bumi menggunakan Arduino sebagai Pengendali Utama → Para Dosen dan juga mahasiswa harus bekerjasama untuk dapat menciptakan alat tersebut. Arduino digunakan sebagai mikrokontroler untuk memproses data dari sensor akselerometer, sehingga dapat mengidentifikasi gempa dengan lebih cepat dan akurat.

2. Sistem mitigasi yang baik → Membuat alat pendeteksi dini gempa bumi dan penanggulangan terhadap gempa untuk keselamatan manusia. Dengan solusi ini, sistem peringatan dini gempa dapat lebih efektif dalam memberikan informasi cepat kepada masyarakat di sekolah, sehingga dapat mengurangi risiko korban jiwa dan kerusakan akibat gempa bumi.

Perancangan tentang pendeteksian dini gempa bumi juga sedang giat dilakukan. Terdapat Perancangan (Saputra, Rosmiati and Sari,) yang membangun prototype sistem monitoring getaran gempa dengan menggunakan sensor module SW-420. Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi getaran sebagai indikasi bahwa itu adalah gempa dengan mengintegrasikan Raspberry Pi sebagai mikrokontroler dan modul LoRa yang berbasis teknologi Low Power Wide Area Network (LP-WAN). Sistem ini mampu menunjukkan titik koordinat lokasi secara real time.

Selain itu (Naldi and Wildian, 2018) juga merancang sistem alarm gempa bumi menggunakan prinsip gaya pegas dan penginderaan medan magnetik. Sistem ini memanfaatkan prinsip gaya pegas dan penginderaan medan magnet menggunakan sensor Efek Hall.

Perancangan lain juga pernah dilakukan. (Charisma et al., 2020) Mereka menciptakan seismometer yang ekonomis, efektif, dan portabel. Selain itu, perancangan nya juga berfokus pada pengembangan GUI berbasis python untuk menampilkan grafik tiga komponen seismometer secara real-time.

METODE PELAKSANAAN

Pengabdian ini dilakukan melalui tiga tahapan (metode) utama, yaitu:

1. Perancangan Prototype

Alat early warning system gempa bumi dibuat dengan memanfaatkan arduino sebagai microcontroller dan beberapa modul sensor untuk menunjang kinerja sistem, diantaranya accelerometer dan seismometer, serta integrasi dengan komputer dan alarm. Seismometer adalah sensor yang digunakan untuk mengukur getaran di permukaan tanah sehingga dapat merekam sinyal gempa dan memiliki sensitivitas tinggi terhadap getaran tanah, termasuk noise (Rahman, Zahara and Nurjanah, 2020). Pada tahap ini, dilakukan identifikasi terhadap komponen utama yang akan digunakan, yaitu Arduino Uno sebagai pusat kendali mikrokontroler, sensor MPU6050 sebagai pendeteksi getaran, LCD 16x2 untuk menampilkan hasil pengukuran secara real-time, dan buzzer sebagai alat peringatan dini.

Setelah komponen ditentukan, langkah berikutnya adalah membuat skematik rangkaian elektronik. Perancangan dilakukan untuk memastikan seluruh komponen dapat terhubung dengan benar dan berfungsi sesuai rancangan. Kemudian, dilakukan penulisan program menggunakan Arduino IDE, di mana kode program dibuat untuk membaca data dari sensor MPU6050, mengolah sinyal percepatan, serta memicu alarm apabila nilai getaran melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Sensor merekam getaran tanah pada arah vertikal, utara-selatan dan timur-barat (SolerLlorens et al., 2019) Sensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi aktifitas gelombang yaitu accelerometer MPU6050 dimana bisa secara tiga dimensi atau triaxial dalam memonitor propagasi gelombang dan mendeteksi getaran dari berbagai arah. Arduino berperan sebagai mikrokontroler yang tidak hanya mengontrol kerja sensor, tetapi juga mengolah data dan menentukan kapan sistem harus memberikan peringatan jika terjadi getaran yang melebihi ambang batas. Sebagai sistem peringatan dini, alat ini menggunakan tiga indikator utama:

1. Alarm suara untuk memberikan peringatan langsung saat terjadi gempa.
2. Layar LCD yang menampilkan informasi status getaran secara real-time yang juga dapat diakses tampilan visualnya melalui Laptop .

Dengan kombinasi ini, sistem mampu memberikan peringatan yang cepat dan jelas kepada

pengguna sehingga dapat meningkatkan kesiapsiagaan terhadap gempa bumi.

2. Pembuatan Prototipe

Tahap kedua adalah pembuatan prototipe berdasarkan hasil rancangan sebelumnya. Semua komponen dirakit di atas papan sirkuit sesuai desain rangkaian. Proses ini mencakup penyambungan kabel, pengaturan pin input-output Arduino, dan penyesuaian sumber daya listrik agar alat dapat bekerja dengan stabil. Setelah alat selesai dirakit, dilakukan pengujian konektivitas antar komponen untuk memastikan data dari sensor dapat terbaca oleh Arduino dan ditampilkan pada LCD, serta memastikan buzzer dapat berfungsi ketika sistem mendeteksi getaran signifikan.

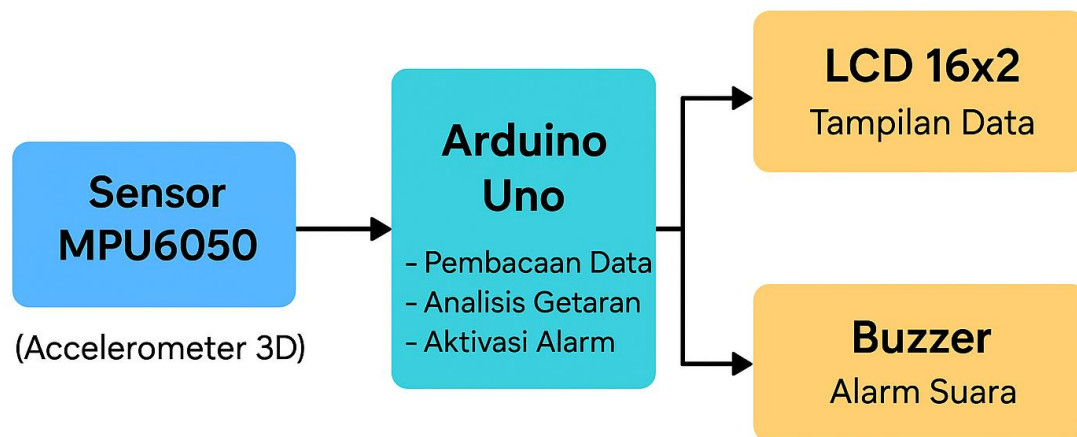
3. Melakukan Pengujian

Tahap berikutnya adalah pengujian kinerja alat untuk mengetahui tingkat kepekaan sistem terhadap getaran. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi intensitas getaran secara manual untuk melihat respon sistem. Melalui tahap ini, dilakukan pula penentuan ambang batas sensitivitas sensor, yaitu nilai percepatan tertentu yang akan memicu sistem peringatan. Data hasil uji digunakan untuk mengatur ulang parameter program agar sistem dapat memberikan peringatan yang akurat dan tidak menimbulkan alarm palsu (false alarm).

4. Sosialisasi dan Implementasi

Tahap terakhir adalah sosialisasi dan implementasi sistem di SMA Negeri 4 Kejuruan Muda, Aceh Tamiang. Kegiatan sosialisasi dilakukan untuk memperkenalkan alat serta menjelaskan prinsip kerja dan manfaatnya kepada guru dan siswa. Dalam kegiatan ini, peserta diberikan pelatihan langsung mengenai cara mengoperasikan alat, memberikan variasi intensitas getaran secara manual untuk melihat respon sistem, membaca tampilan data di LCD, dan memahami cara sistem memberikan peringatan dini. Setelah sosialisasi selesai, pihak sekolah dapat menggunakan implementasi ini dan menerapkan teknologi sebagai media pembelajaran interaktif dalam memahami mitigasi bencana, khususnya terkait gempa bumi.

Diagram alir dapat menggambarkan metode yang akan dilaksanakan. Untuk diagram alir dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

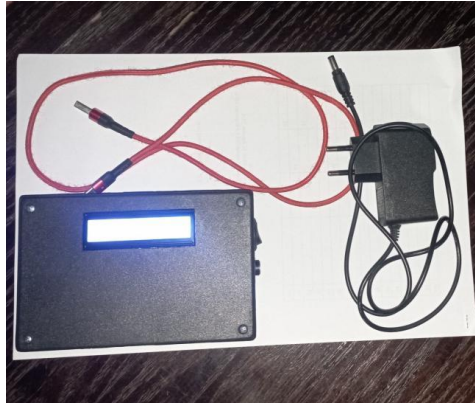


Gambar 1. Diagram Alir

Gambar diatas menjelaskan tentang sistem pendeteksi dini gempa bumi yang terdiri dari tiga bagian utama, yaitu sensor MPU6050, mikrokontroler Arduino Uno, dan komponen keluaran berupa LCD serta buzzer. Sensor MPU6050 bertugas membaca nilai percepatan getaran tanah pada tiga sumbu (X, Y, dan Z). Data dari sensor kemudian dikirim ke Arduino Uno untuk diolah dan dianalisis. Jika nilai percepatan melebihi ambang batas tertentu, Arduino akan mengaktifkan buzzer sebagai alarm dan menampilkan pesan peringatan pada LCD. Dengan demikian, pengguna dapat segera mengetahui adanya potensi getaran kuat yang dapat mengindikasikan terjadinya gempa bumi.

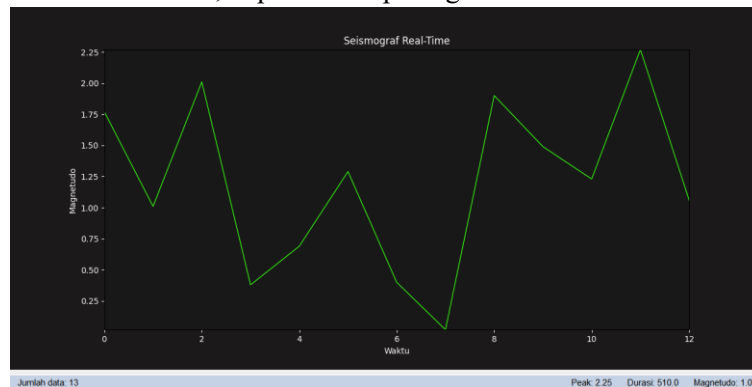
HASIL KEGIATAN

Hasil dari kegiatan ini berupa alat pendeteksi dini gempa bumi berbasis Arduino yang berfungsi mendeteksi getaran tanah secara real-time. Sensor MPU6050 berhasil merekam getaran pada tiga sumbu, kemudian data dikirim ke Arduino untuk dianalisis. Jika terdeteksi getaran melebihi ambang batas, sistem menampilkan pesan di layar LCD dan mengaktifkan buzzer sebagai peringatan. Adapun gambar prototipe dan pelaksanaan pengabdian dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 2. Prototipe alat pendeteksi Gempa

Dari hasil uji coba, alat mampu mendeteksi getaran dengan baik dalam skala kecil hingga sedang. Ambang batas sensitivitas dapat diatur sesuai kebutuhan lingkungan. Ketika alat diletakkan di permukaan yang stabil, tidak terjadi kesalahan deteksi. Untuk hasil uji coba secara langsung yang dilakukan oleh siswa, dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. Hasil uji coba alat melalui variasi getaran

Kegiatan ini memberikan hasil nyata berupa peningkatan kesiapsiagaan sekolah terhadap bencana gempa bumi. Selain itu, kegiatan ini juga meningkatkan literasi teknologi siswa, karena mereka belajar langsung bagaimana alat bekerja serta cara merancangnya.

Adapun gambar pelaksanaan implementasi dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 4. Pelaksanaan PKM

KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian ini berhasil mengembangkan dan menerapkan sistem pendeteksi dini gempa bumi berbasis Arduino di SMA Negeri 4 Kejuruan Muda, Aceh Tamiang. Alat yang dirancang mampu mengenali getaran menggunakan sensor MPU6050 dan memberikan notifikasi peringatan melalui tampilan LCD serta bunyi buzzer. Pelaksanaan program ini juga memberikan dampak positif dengan meningkatkan pemahaman guru dan siswa tentang mitigasi bencana serta memperkenalkan penerapan teknologi berbasis mikrokontroler dalam bidang kebencanaan. Ada saran untuk pengembangan alat yang dapat dilakukan dengan menambahkan sistem komunikasi nirkabel seperti GSM atau IoT agar peringatan dapat dikirimkan secara otomatis ke pihak berwenang. Dengan itu, maka peringatan dini akan lebih mudah diakses via handphone atau media komunikasi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alcik, H. et al. (2009) 'A study on warning algorithms for Istanbul earthquake early warning system', *Geophysical Research Letters*, 36(5), p. 2008GL036659. Available at: <https://doi.org/10.1029/2008GL036659>.
- Andriani, A. (2020) 'Bandul si Alarm Gempa Produk Implementasi STEAM dalam Pembelajaran Fisika Berbasis Inquiry Pada kelas XI MIA 4 di SMAN 4 Kejuruan Muda Tp 2019/2020', *GRAVITASI: Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, 3(01), pp. 6–11. Available at: <https://doi.org/10.33059/gravitasi.jpfs.v3i01.2312>.
- Charisma, A. et al. (2020) 'Implementasi Sistem Komunikasi FM Pada Prototype Pendeteksi Dini Gempa', *PRotek: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 7(2), pp. 60–64. Available at: <https://doi.org/10.33387/protk.v7i2.1812>.
- Desifatma, E. et al. (2022) 'Integrasi Early Warning System untuk Gempabumi', *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 19(1), p. 22. Available at: <https://doi.org/10.20527/flux.v19i1.9509>.
- Naldi, A.R. and Wildian, W. (2018) 'Rancang Bangun Sistem Alarm Gempa Bumi Menggunakan Prinsip Gaya Pegas dan Penginderaan Medan Magnetik', *Jurnal Fisika Unand*, 7(4), pp. 374–378. Available at: <https://doi.org/10.25077/jfu.7.4.374-378.2018>.
- Rahman, M.S.D.P., Zahara, S. and Nurjanah, M. (2020) 'Design and build of shaking table prototype as short-period seismometer calibrator based on microcontroller', *Journal of Physics: Conference Series*, 1434(1), p. 012007. Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1434/1/012007>.
- Saputra, J.F., Rosmiati, M. and Sari, M.I. (no date) 'Pembangunan Prototype Sistem Monitoring Getaran Gempa Menggunakan Sensor Module SW-420'.
- Soler-Llorens, J.L. et al. (2019) 'Design and Implementation of an Arduino-Based Plug-andPlay Acquisition System for Seismic Noise Measurements', *Electronics*, 8(9), p. 1035. Available at: <https://doi.org/10.3390/electronics8091035>.
- Strauss, J.A. and Allen, R.M. (2016) 'Benefits and Costs of Earthquake Early Warning', *Seismological Research Letters*, 87(3), pp. 765–772. Available at: <https://doi.org/10.1785/0220150149>.
- Wu, Y.-M. and Kanamori, H. (2008) 'Development of an Earthquake Early Warning System Using Real-Time Strong Motion Signals', *Sensors*, 8(1), pp. 1–9. Available at: <https://doi.org/10.3390/s8010001>.