

ANALISA SISTEM MONITORING GEMPA BUMI BERBASIS ARDUINO UNO

NADIA RUSDIANA¹, LAILATUL MAGHFIROH¹, RIZKA PUTRI SYAFIQOH¹, LIA AMELIA CAHYANI¹, NAFISTA ROHMATUN NISA¹, TUTUT NURITA^{1,*}, MUHAMMAD ARIF MAHDIANNUR¹, HASAN SUBEKTI¹

¹Jurusan Pendidikan IPA, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

*Corresponding author
Email: tututnurita@unesa.ac.id

Diserahkan: 24/11/2024
Diterima: 21/01/2025
Dipublikasikan: 06/02/2025

Abstrak. Sistem pemantauan gempa bumi yang akurat dan efisien memiliki peran penting dalam mendeteksi aktivitas seismik secara langsung, terutama di kawasan yang rentan terhadap gempa. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi sistem pemantauan gempa bumi berbasis Arduino Uno dengan memanfaatkan sensor getar SW-420 sebagai komponen utama untuk mendeteksi getaran. Sistem ini dirancang untuk mengenali getaran seismik, mengolah data yang diperoleh, serta memberikan peringatan atau alarm berdasarkan tingkat intensitas gempa yang terdeteksi. Proses perancangan melibatkan pengintegrasian sensor SW-420, modul Arduino Uno, dan sistem output data yang dilengkapi dengan perangkat tambahan seperti buzzer dan LED. Pengujian dilakukan untuk menganalisis sensitivitas sensor SW-420 terhadap berbagai tingkat getaran dan menilai keandalan sistem dalam memproses serta mengirimkan data ke perangkat output. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mendeteksi getaran dengan tingkat akurasi yang memadai pada frekuensi tertentu, meskipun memiliki keterbatasan dalam mendeteksi getaran dengan intensitas yang sangat rendah. Sistem ini menawarkan solusi yang ekonomis untuk pemantauan gempa skala kecil, terutama untuk tujuan edukasi atau sebagai sistem peringatan dini dalam lingkungan lokal.

Kata kunci: *Arduino Uno, Gempa bumi, Sensor getar SW-420*

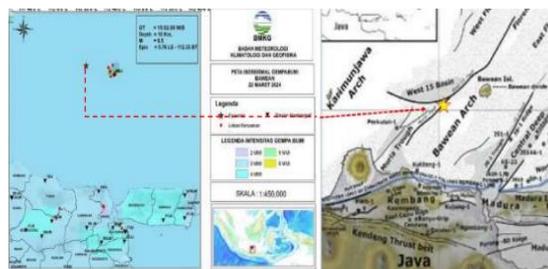
Abstract. An accurate and efficient earthquake monitoring system plays a crucial role in detecting seismic activity in real-time, particularly in regions prone to earthquakes. This study aims to develop and evaluate an earthquake monitoring system based on Arduino Uno, utilizing the SW-420 vibration sensor as the primary component for detecting vibrations. The system is designed to identify seismic vibrations, process the collected data, and provide alerts or alarms based on the intensity level of the detected earthquake. The design process involves integrating the SW-420 sensor, Arduino Uno module, and data output system, complemented by additional components such as buzzers and LEDs. Testing was conducted to analyze the sensitivity of the SW-420 sensor to various levels of vibration and assess the system's reliability in processing and transmitting data to the output device. The test results indicate that the system can detect vibrations with sufficient accuracy within a specific frequency range, although it has limitations in detecting vibrations of very low intensity. This system offers an economical solution for small-scale earthquake monitoring, particularly for educational purposes or as an early warning tool in local environments.

Keywords: *Arduino Uno, Earthquake, SW-420 vibration sensor*

1. Pendahuluan

Gempa bumi umumnya terjadi akibat akumulasi energi yang dihasilkan oleh pergerakan lempeng tektonik, aktivitas gunung berapi, patahan aktif, atau runtuhnya batuan. Energi ini dilepaskan dalam bentuk gelombang seismik, yang menyebabkan getaran atau guncangan pada permukaan tanah. [1]. Pada tanggal 22 Maret 2024, gempa bumi terjadi di wilayah Laut Jawa dengan pusat gempa terletak sekitar 33 km di sebelah barat Pulau Bawean, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Gempa tersebut memiliki kekuatan magnitudo 6,0 pada Skala Richter dan kedalaman 10 km. [2].

Menurut data dari USGS, pusat gempa berada di 112,311 BT dan 5,809 LS dengan magnitudo M5,6 pada kedalaman yang sama. Sementara itu, menurut data dari *Geo Forschungs Zentrum* (GFZ), pusat gempa berada di 111,40 BT dan 5,85 LS dengan magnitudo 5,5 pada kedalaman yang sama [2]. Gempa susulan yang terjadi memberikan dampak signifikan. Korban gempa tidak hanya mengalami kerusakan fisik, tetapi juga menghadapi berbagai masalah kesehatan mental, seperti kecemasan, stres, depresi, dan trauma. [3]



Gambar 1. Identifikasi penyebab gempabumi berdasarkan letak episenter
(a) Sumber: BMKG. (b) Sumber: Lunt (2019)

Gempa bumi di Laut Jawa ini disebabkan oleh aktivitas Sesar Muria Laut, di mana episenter gempa berada di jalur sesar tersebut [3]. Hal ini terlihat dari Gambar 1 yang menunjukkan indikasi adanya aktivitas sesar yang belum terpetakan atau kemungkinan reaktivasi dari sesar tua [4]. Oleh karena itu, pemantauan terus-menerus terhadap aktivitas lempeng tektonik sangat diperlukan untuk mendukung mitigasi bencana [5].

Teknologi berbasis Internet of Things (IoT) telah membuka peluang besar dalam pengembangan sistem pemantauan gempa yang real-time dan terjangkau. Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan adalah mikrokontroler Arduino Uno, yang memiliki keunggulan dalam hal biaya, fleksibilitas, dan kemudahan integrasi dengan berbagai sensor, termasuk sensor getar SW-420. Sensor ini memiliki kemampuan untuk mendeteksi getaran pada tingkat tertentu dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat diolah oleh mikrokontroler [21]. Alat pendeteksi berbasis Arduino Uno dapat digunakan untuk mendeteksi deformasi yang terjadi akibat fenomena gempa bumi, yang berpotensi menjadi gempa susulan [6].

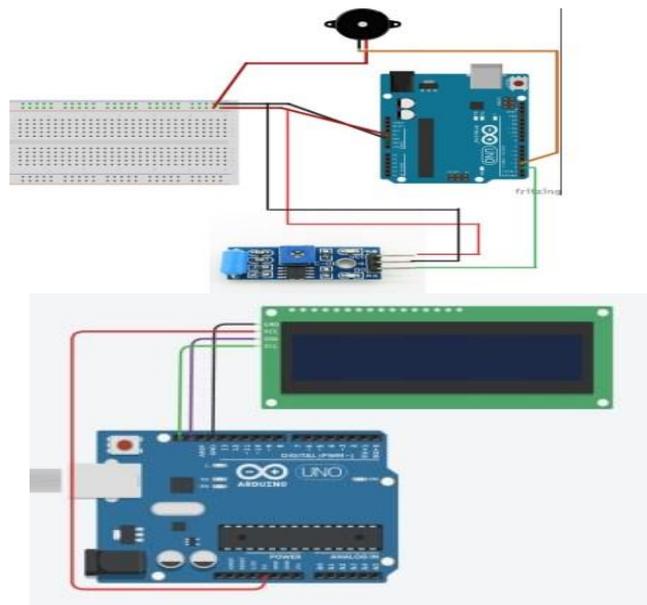
Arduino Uno adalah papan mikrokontroler yang memiliki ukuran mirip dengan kartu kredit. Papan ini dilengkapi dengan berbagai pin yang memungkinkan interaksi dengan perangkat lain [6]. Sebagai mikrokontroler yang fleksibel, Arduino dapat diprogram, dan program yang dijalankan di dalamnya umumnya disebut sebagai sketch [7].

Arduino adalah platform open source yang dirancang untuk pengembangan berbagai proyek elektronika [7]. Platform ini terdiri dari dua komponen utama: pertama, papan sirkuit fisik yang disebut mikrokontroler, dan kedua, perangkat lunak (software) atau IDE yang berfungsi sebagai compiler dan dijalankan di komputer [8]. Sistem pada Arduino Uno secara otomatis merekam data yang dihasilkan oleh gerakan gempa dan dapat diakses kapan saja tanpa terganggu oleh situasi tertentu [8]. Keunggulan dari sistem ini adalah kemampuannya untuk memperoleh data dengan akurat melalui Sensor Getar SW-420. Ketika data yang diterima mencapai level siaga, sistem akan memberikan peringatan melalui buzzer yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno [9]. Sensor getar SW-420 adalah jenis sensor yang dapat mendeteksi getaran pada suatu objek. Data yang diperoleh dari sensor ini dapat diproses untuk keperluan percobaan atau digunakan sebagai langkah pencegahan terhadap potensi bahaya [10]. Saat ini, Sensor getar SW-420 menjadi salah satu sensor getaran yang paling banyak digunakan [11]. Sensor vibrasi SW-420 mampu merespons getaran dari berbagai arah. Komponen elektronik ini berfungsi sebagai saklar yang dalam kondisi normal tertutup (*normally closed*) dan bersifat konduktif [11]. Namun, ketika sensor terguncang atau terkena getaran, saklar akan membuka dan menutup dengan kecepatan switching yang sebanding dengan frekuensi getaran yang diterima [12]. Sensor ini memutuskan sinyal dengan cepat, yang mirip dengan prinsip kerja PWM (Pulse Width Modulation), yaitu metode yang menghasilkan sinyal pseudo-analog melalui variasi tegangan [12]. Sensor getaran ini dapat beroperasi dengan tegangan suplai (V_{cc}) antara 3,3 hingga 5 Volt. Sinyal keluaran dari komparator memiliki karakteristik yang bersih, stabil, dan dapat menghantarkan arus lebih dari 15 mA, dengan format keluaran digital berupa 0 dan 1 (rendah dan tinggi) [13].

Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi dan menganalisis gempa bumi, terutama gempa megathrust, sangat penting untuk meminimalkan dampaknya. Untuk itu, teknologi sensor yang mampu mendeteksi getaran seismik secara efektif dan akurat sangat diperlukan. Salah satu alat yang dapat digunakan adalah sensor getar, yang dapat mengukur perubahan getaran atau pergeseran tanah akibat gempa bumi, khususnya gempa megathrust yang disebabkan oleh pergerakan lempeng tektonik di zona subduksi [11]. Sensor ini dapat digunakan untuk memonitor aktivitas seismik secara real-time, memungkinkan deteksi dini dan peringatan kepada masyarakat serta pihak berwenang. Sistem ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pemantauan gempa bumi yang lebih efektif, serta menjadi alat bantu dalam upaya mitigasi bencana gempa bumi di wilayah rawan [2].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan perancangan *Software* pendeteksi getaran menggunakan sensor SW-420 yang beroperasi dengan tegangan suplai (V_{cc}) antara 3,3 hingga 5 Volt. Data hasil pembacaan sensor dihitung untuk mendapatkan intensitas gempa. Digunakan buzzer untuk indikator adanya gempa. Adapun skema perancangan hardware ditampilkan pada Gambar 2.

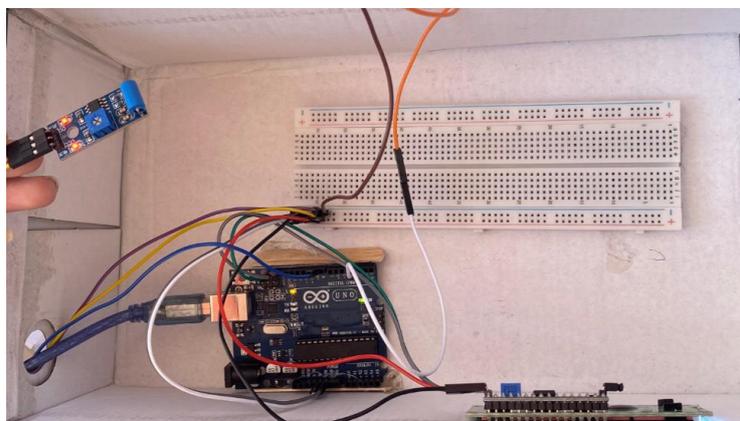


Gambar 2. Diagram perancangan *hardware*

3. Hasil dan Pembahasan

Sistem pemantauan gempa bumi yang dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan sensor getar SW-420 sebagai komponen utama untuk mendeteksi getaran. Tahapan perancangan meliputi desain perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, dan pengujian system [11]. Sensor SW-420 bertugas mendeteksi getaran di lingkungan sekitar. Ketika intensitas getaran melebihi ambang batas yang telah ditentukan, sensor mengirimkan sinyal ke Arduino Uno. Arduino kemudian memproses data tersebut dan mengaktifkan buzzer serta LED sebagai tanda peringatan. Sistem ini dirancang untuk bekerja secara real-time, memungkinkan respons yang cepat terhadap perubahan getaran [8].

Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan berbagai tingkat getaran untuk mengevaluasi sensitivitas sensor dan keandalan system seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengujian Sensor SW 420

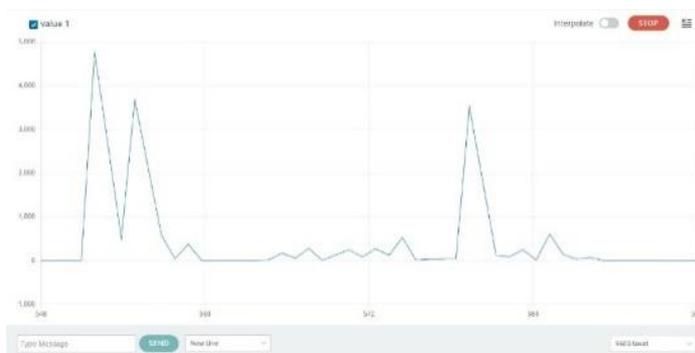
Keterangan :

1. Pin VCC Ke Pin 5V pada Arduino

2. Pin GND Ke pin GND pada Arduino
3. Pin DO ke pin PMW 2 pada Arduino
4. Pin GND ke GND pada Arduino
5. Pin VCC ke 5V pada *breadboard*
6. Pin SDA di A4 pada Arduino
7. Pin SCL di A5 pada Arduino
8. Pin buzzer (+) ke PMW 3 pada *breadboard*
9. Pin buzzer (-) ke angka 13 pada Arduino

Sensor SW-420 mampu mendeteksi getaran dengan intensitas sedang hingga tinggi dengan tingkat akurasi yang baik. Pengujian sensor SW-420 dilakukan dengan merangkainya bersama Arduino Uno yang sudah diprogram menggunakan kode khusus. Dalam proses pengujian, sensor ditempatkan pada permukaan datar, kemudian digerakkan ke berbagai arah, yaitu ke kiri, kanan, depan, dan belakang [13]. Namun, pada getaran dengan intensitas sangat rendah, performa sensor mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh potensi gangguan pada sinyal yang dapat menyebabkan deteksi palsu dalam kondisi tertentu. Sistem ini tetap menunjukkan respons yang cepat, dengan waktu reaksi kurang dari 1 detik setelah getaran terdeteksi. Aktivasi buzzer dan LED juga sesuai dengan tingkat getaran yang terdeteksi [9].

Dari data yang diambil beberapa kali akan disimpulkan bahwa setiap gerakan yang diberikan memiliki besaran yang berbeda-beda tergantung kecepatan gerakan yang diberikan. Dalam pengujian yang dilakukan menghasilkan getaran seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Pengujian Sensor

Dalam grafik garis yang menggambarkan fluktuasi nilai, sumbu horizontal (sumbu-x) biasanya mewakili kategori atau urutan data, sementara sumbu vertikal (sumbu-y) menunjukkan nilai numerik yang diukur atau diamati. Dalam kasus grafik yang Anda sebutkan, sumbu horizontal berada di antara 348 hingga 387, yang menunjukkan rentang nilai atau kategori yang diukur. Sumbu vertikal berada antara -1.000 hingga 5.000, mewakili nilai numerik yang diukur atau diamati, yang dihasilkan dari pengukuran sensor.

Grafik ini menggambarkan fluktuasi nilai yang mewakili kategori atau urutan data. Sumbu horizontal terletak antara 348 hingga 387, menunjukkan rentang nilai atau kategori yang diukur. Sementara itu, sumbu vertikal berada antara -1.000 hingga 5.000, mewakili nilai numerik yang diukur atau diamati, yang dihasilkan dari pengukuran

sensor. Grafik ini menunjukkan bahwa nilai awal mengalami dua puncak tinggi berturut-turut antara 348 hingga 352, dengan kedua puncak hampir mencapai 5.000, diikuti oleh penurunan tajam. Setelah periode fluktuasi awal, nilai grafik mulai stabil pada rentang yang lebih rendah. Namun, terdapat satu puncak lagi sekitar titik 372 sebelum nilai kembali mendatar dan stabil hingga akhir grafik. Di bagian atas grafik, terdapat opsi "Interpolate" yang tidak aktif serta tombol "STOP" yang menunjukkan bahwa grafik ini mungkin dihasilkan dari data yang diperoleh secara real-time atau simulasi. Secara keseluruhan, grafik ini menggambarkan fenomena yang awalnya fluktuatif, namun kemudian menunjukkan stabilisasi pada nilai yang lebih rendah.

Pengujian manual telah dilakukan menggunakan alat pendeteksi gempa berbasis Arduino Uno yang dirancang untuk memantau dan mengklasifikasikan tingkat getaran. Alat ini menggunakan sensor getaran SW-420 sebagai komponen utama untuk mendeteksi intensitas vibrasi yang terjadi. Dalam pengujian, kriteria status seperti aman, siaga, hingga darurat ditentukan berdasarkan nilai getaran (vibrasi) yang terdeteksi oleh alat ini. Sistem ini dirancang untuk memberikan peringatan dini terhadap potensi gempa atau gangguan seismik yang dapat memengaruhi keselamatan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini bekerja dengan baik dalam mendeteksi getaran dan menghasilkan data yang dapat digunakan untuk evaluasi lebih lanjut. Data hasil pengujian adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Jenis status gempa yang diidentifikasi

No	Getaran	Status
1	Kurang dari 1000	Aman
2	1000-2000	Siaga 1
3	2000-3000	Siaga 2
4	Lebih dari 3000	Darurat

Proses pengujian melibatkan simulasi getaran dengan berbagai intensitas, di mana alat mampu mengukur secara real-time nilai getaran dan mengklasifikasikannya ke dalam kategori tertentu. Kategori Aman diberikan untuk getaran di bawah nilai 1000, kategori Siaga 1 untuk nilai antara 1000–2000, kategori Siaga 2 untuk nilai 2000–3000, dan kategori Darurat untuk nilai lebih dari 3000. Dengan demikian, alat ini dapat digunakan untuk memantau kondisi struktur bangunan atau memberikan peringatan dini yang relevan bagi pengguna. Pengujian sensor SW-420 dalam bentuk gambar ditampilkan pada Gambar 5.

Arduino Uno sebagai pusat pengendali dapat mendeteksi perubahan frekuensi dan amplitudo getaran, menampilkan informasi tentang intensitas getaran pada layar LCD, serta mengaktifkan buzzer untuk memberikan peringatan dini ketika getaran mencapai ambang batas tertentu [14]. Melalui simulasi alat sensor getar, tidak hanya intensitas getaran yang diukur, tetapi juga data yang diperoleh dapat digunakan untuk menganalisis pola getaran dan memberikan respons terhadap berbagai tingkat getaran dengan sinyal yang berbeda [15].

Alat pemantauan gempa ini menggunakan sensor getar SW-420 sebagai komponen utama untuk mendeteksi getaran seismik. Sensor SW-420 dapat merespons getaran dari berbagai arah dan berfungsi seperti saklar, yang tertutup saat tidak ada getaran dan terbuka saat ada getaran. Ketika getaran terdeteksi, sensor mengirimkan sinyal digital yang langsung diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno [9]. Dengan cara ini, sistem

dapat mengukur dan memantau intensitas getaran secara real-time, serta memberikan respons yang sesuai [12]. Penggunaan sensor SW-420 memungkinkan alat ini mendeteksi getaran dengan sensitivitas tinggi, bahkan terhadap getaran kecil. Sinyal yang diterima oleh Arduino Uno diproses untuk menampilkan informasi intensitas getaran pada layar LCD dan mengaktifkan buzzer sebagai peringatan dini. Hal ini memungkinkan respons yang cepat dan efektif terhadap getaran yang melebihi ambang batas yang ditentukan [8].



Gambar 5. Hasil uji pada status aman, status siaga 1, status siaga 2 dan status darurat

Simulasi gempa yang dilakukan dengan alat ini menunjukkan bahwa sistem ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan menjadi alat pemantau gempa yang lebih canggih. Dengan pemrograman yang tepat, alat ini dapat digunakan untuk memantau gempa nyata, khususnya di daerah-daerah rawan bencana seperti Pulau Bawean, yang sering mengalami aktivitas seismik. Alat ini dapat menjadi solusi yang lebih efisien dan terjangkau untuk mendeteksi gempa dan memberikan peringatan dini kepada masyarakat setempat [7]. Secara keseluruhan, sistem ini menggambarkan bagaimana teknologi sederhana seperti Arduino Uno dan sensor SW-420 dapat digunakan untuk menciptakan alat pemantauan gempa yang efektif. Meskipun masih berupa prototipe, pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambahkan fitur seperti konektivitas nirkabel untuk mengirimkan data ke pusat pemantauan atau mengembangkan sistem peringatan yang lebih canggih [8].

Penulis mencontohkan Pulau Bawean, yang pada 22 Maret 2024 mengalami gempa berkekuatan Magnitudo 6,0 SR, dengan pusat gempa sekitar 33 km dari Bawean [1]. Gempa ini menyebabkan kerusakan fisik dan dampak psikologis seperti kecemasan dan trauma pada masyarakat setempat. Lokasi Pulau Bawean yang dekat dengan sesar aktif Laut Jawa membuatnya rentan terhadap gempa susulan. Aktivitas sesar di Laut Jawa, yang belum sepenuhnya terpetakan, menimbulkan kebutuhan mendesak akan alat pemantau gempa yang mampu memberikan peringatan dini guna mengurangi dampak buruk pada masyarakat [2].

Teknologi berbasis Arduino Uno ini dapat diusulkan untuk wilayah Bawean sebagai contoh potensi Arduino sebagai mikrokontroler serbaguna yang dapat diprogram untuk mendeteksi aktivitas seismik secara akurat dan real-time [10]. Sistem Arduino Uno ini memungkinkan pengumpulan data dengan cepat dari sensor getar dan memberikan

sinyal peringatan dini melalui buzzer jika aktivitas seismik mencapai tingkat tertentu [16].

Perubahan frekuensi dan amplitudo yang disimulasikan dengan alat getar menunjukkan pola getaran yang dihasilkan oleh gempa dan memungkinkan analisis distribusi energi serta respons getaran [16]. Alat ini, jika dikembangkan lebih lanjut, memiliki potensi menjadi bagian dari sistem pemantauan gempa yang lebih canggih dan dapat ditempatkan di wilayah-wilayah berisiko tinggi untuk mendeteksi dan mengantisipasi aktivitas seismik atau gempa bumi [12].

Melalui data yang diperoleh dari sensor getar, pemerintah atau pihak berwenang dapat menerima peringatan dini dan mempersiapkan masyarakat sekitar untuk menghadapi ancaman gempa susulan atau bencana besar lainnya [15]. Dengan demikian, teknologi Arduino Uno tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu edukasi dalam simulasi gempa, tetapi juga sebagai solusi praktis dalam sistem peringatan dini gempa di wilayah-wilayah yang rentan seperti Pulau Bawean [2].

4. Simpulan

Pengembangan sistem monitoring gempa bumi berbasis Arduino Uno pada Pulau Bawean adalah bahwa sistem ini berhasil dirancang untuk memantau aktivitas gempa secara terus-menerus dengan memanfaatkan teknologi Arduino Uno dan sensor getar SW-420. Sistem ini mampu mendeteksi getaran tanah, mengukur frekuensi serta amplitudo getaran, dan memberikan peringatan dini melalui alarm dan layar LCD saat getaran melebihi ambang batas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi dan responsivitas yang baik terhadap aktivitas seismik di zona subduksi Laut Jawa, dekat sesar aktif di sekitar Pulau Bawean. Dengan kemampuan ini, sistem berpotensi dikembangkan lebih lanjut dan diaplikasikan di wilayah rawan gempa lainnya untuk mendukung mitigasi bencana secara efektif.

Ucapan Terima Kasih

Diucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Surabaya, khususnya Jurusan Pendidikan IPA, FMIPA, atas fasilitas dan dukungan yang telah diberikan selama penelitian ini. Apresiasi juga ditujukan kepada dosen pembimbing atas arahan yang berharga, serta kepada semua pihak yang berpartisipasi dalam penyusunan artikel ini.

Daftar Pustaka

1. A.S.P. Martinoh (2024). Estimasi Koseismik Akibat Gempabumi Laut Jawa 2024 Berdasarkan Data Global Navigation Satellite System. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Geodesi*, 1(1).
2. F.S. Budi & I.F. Sari (2024). Terapi Bermain Sebagai Media Katarsis Emosi Pada Anak-Anak Korban Gempa Bumi Di Pulau Bawean, Jawa Timur. *Jurnal Warta Desa (JWD)*, 6(2), 79-95.
3. E. Usman, A. Sudradjat, E. R. Suparka, I. Syafri (2010). Pembentukan Jalur Vulkanik Busur Belakang Muria-Bawean dan Pengaruhnya Terhadap Pembentukan Cekungan Pati. In *The 39th Lagi Annual Convention and Exhibition*.
4. A.P. Putra (2024). Pelatihan dan Edukasi Siaga Bencana Gempa Bumi Kepada Anak-anak di SDN Wonocolo 1 Sidoarjo. *Jurnal Abdikarya: Jurnal Karya Pengabdian Dosen Dan Mahasiswa*, 7(2).
5. Y.K. Nisa, A.N.M. Fauziah, M.C. Mahajeng, D.N.N. Kumairoh (2024). Analisis

- Hubungan Frekuensi-Magnitudo Pada Gempa Bumi Yang Bertitik Di Kabupaten Tuban Dan Sekitarnya. *Kohesi: Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(6), 33-43.
6. R. Tullah, S. Sutarman, A.H. Setyawan (2019). Sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis mikrokontroler arduino uno pada toko tanaman hias yopi. *Jurnal Sisfotek Global*, 9(1). Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
 7. F.A. Tritunggal, C. Pradana, E.R.K. Pradani (2023). Sistem Deteksi Gempa Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino dan Sensor Accelerometer MPU6050. *Metrotech (Journal of Mechanical and Electrical Technology)*, 2(2), 98-104.
 8. S.I.L. Ni'mah (2021). *Prototype Sistem Monitoring Getaran Gempa Menggunakan Arduino Esp8266 Berbasis Internet Of Things* (Doctoral dissertation, Universitas Yudharta).
 9. D. Setiawan, I. A. Dianta, D. Kurniawan (2021). Sistem Keamanan Ruangan Laboratorium Komputer Menggunakan Sensor Pir, Mq-7, Sw420 dan Rfid Berbasis Sms. *Jurnal Informatika Dan Tekonologi Komputer (JITEK)*, 1(3), 47-56.
 10. M.A. Zakariah, V. Afriani, K.M. Zakariah (2020). *Metodologi Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, Action Research, Research And Development (R n D)*. Yayasan Pondok Pesantren Al Mawaddah Warrahmah Kola.
 11. R. Arokhman, S.W. Djati, Z. Abidin, S. Handayani, D. Ratnasari, U. Riyadi (2023). Rancang Bangun Pendeteksi Getaran Gempa Berbasis Mikrokontroler IoT Arduino. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis* (pp. 788-792).
 12. R.F. Putri, W. Wildian (2020). Rancang Bangun Alat Pengaman Tas Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor Getar SW-420 dan LDR dengan Notifikasi Via SMS. *Jurnal Fisika Unand* 9(2), 183-189.
 13. P. Harahap, B. Oktrialdi, R.F. Siregar (2023). Implementasi Alat Pendeteksi Gempa Berbasis Arduino Uno Dengan Memanfaatkan Sensor Getar (Vibration). In *Seminar Nasional Teknik Elektro*
 14. A.B. Siregar, E. Ezwarsyah, H.M. Yusdartono, F.A. Nasution (2022). Rancang Bangun Sistem Peringatan Gempa Menggunakan Sensor Adxl 345 Berbasis Lora Dengan Esp 32. *Jurnal Energi Elektrik*, 11(2), 8-14.
 15. N. Kristanto (2023). Perancangan Sistem Informasi Pendeteksi Gempa Berbasis Internet Of Things Di Univerisitas Tarumanegara. *Sibatik Journal: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, Dan Pendidikan*, 2(2), 609-622.
 16. P. Lunt (2019). The Origin of The East Java Sea Basins Deduced From Sequence Stratigraphy. *Marine and Petroleum Geology*, 105, 17-31.