



Karya Ilmiah Terapan Sistem Pendeteksi Gempa Menggunakan Arduino di Pelabuhan SMI Shipyard Banjarnegara

Priyo Lanang Eka Wicaksono

Politeknik Pelayaran Surabaya

Korespondensi penulis: kingslanang07@gmail.com

Abstract: Indonesia is a country located between active earth plates, namely the Eurasian Plate, the Indo-Australian Plate, and the Pacific Plate. These plates are very active plates that move and pose a high risk of earthquake disasters. Therefore, the author wrote an Applied Scientific Work with the title Earthquake Disaster Detection System Using Arduino at the SMI Shipyard port. Earthquake Detection System is made in order to detect earthquake disasters and minimize casualties due to the earthquake disaster. The use of these tools in the world of transportation to detect earthquakes used in coastal areas and port ports located in earthquake-prone areas. The method used is system design to determine the occurrence of an earthquake or vibration detected by the ADXL 355 sensor to reach the output, namely the buzzer and LCD. From that the author makes a tool that can provide warnings to the community or workers in the area to avoid casualties. Earthquake Detection System Using Arduino gives output commands to the buzzer and 220 V lamp. If the vibration is from 2.0 SR, the buzzer and light output will not be active. This system has an accuracy rate of 77.6% and has the largest error rate of 22.4%.

Keywords: Earthquake, Vibration Sensor, Arduino Uno, Microcontroller

Abstrak: Indonesia merupakan negara yang terletak diantara lempeng bumi aktif yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Lempeng tersebut merupakan lempeng yang sangat aktif bergerak dan menimbulkan resiko bencana gempa bumi yang persentasenya cukup tinggi. Oleh karena itu, penulis menulis Karya Ilmiah Terapan dengan judul *Sistem Pendeteksi Bencana Gempa Menggunakan Arduino di pelabuhan SMI Shipyard*. Sistem pendeteksi gempa dibuat agar dapat mendeteksi bencana gempa dan meminimalisir korban jiwa akibat bencana gempa tersebut. Penggunaan alat tersebut di dalam dunia transportasi untuk mendeteksi gempa yang digunakan di daerah bibir pantai dan pelabuhan pelabuhan yang berlokasi di wilayah yang rawan gempa. Metode yang digunakan yaitu *manual hand vibration*. Perancangan sistem untuk mengetahui terjadinya gempa atau getaran yang dideteksi oleh sensor ADXL 355 yang merupakan sensor getar. Pembacaan sensor getar tersebut di kirimkan ke Arduino Uno dan di putuskan untuk mengaktifkan lampu 220 V serta LED yang dapat memberikan tanda kepada masyarakat sekitar dan pekerja di lapangan guna menghindari korban jiwa. Sistem Pendeteksi Gempa Menggunakan Arduino memberikan perintah *output* pada buzzer dan lampu 220 V. Jika getaran tidak lebih dari 2,0 SR maka *output buzzer* dan lampu tidak akan aktif. Sistem ini memiliki tingkat keakuratan sebesar 77,6 % dan mempunyai tingkat galat paling besar 22,4 %.

Kata kunci: Gempa Bumi, Sensor Getar, Arduino Uno, Mikrokontroler

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terletak di dalam *ring of fire*, gempa juga merupakan salah satu bencana alam yang paling sering di alami negara Indonesia. Dalam dunia pelayaran bencana gempa juga mempengaruhi kelancaran transportasi laut, serta menjadi ancaman di daerah pelabuhan dan pemukiman warga yang berada di sekitarnya

Keselamatan pekerja, awak kapal, serta masyarakat yang bermukim di daerah pesisir/pelabuhan juga harus di perhatikan oleh pihak keselamatan kerja. Oleh karena itu penulis menulis karya ilmiah dengan judul “Sistem Pendeteksi Bencana Gempa Menggunakan Arduino” ini guna meningkatkan unsur keselamatan/*safety* di daerah pelabuhan dan perairan Indonesia.

Alat ini merupakan realisasi dari pengalaman yang penulis alami ketika melakukan docking di SMI *Shipyard* Banjarnegara, penulis mengalami gempa dan dimana galangan tersebut kurangnya fasilitas keselamatan yang menjadikan minimnya tingkat keselamatan kerja pada saat *docking*.

Pemanfaatan alat ini dipilih sebab Indonesia yang terletak di daerah dengan lempengan yang aktif ini, sebenarnya memiliki keuntungan yang cukup besar yaitu, meningkatkan taraf keselamatan kerja dan unsur keselamatan di daerah pelabuhan. Tidak diragukan lagi bahwa gempa merupakan salah satu bencana yang paling sering di alami negara Indonesia, karena faktanya merupakan di Indonesia kawasan yang terletak di kawasan *ring of fire*.

TINJAUAN PUSTAKA

Arduino Uno

Arduino uno adalah board mikrokontroler berbasis *atmega 328* (datasheet). Memiliki 14 pin *input* dari *output* digital dimana 6 pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 pin *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP header, dan tombol *reset*. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya dengan menghubungkan board *Arduino Uno* ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang dihubungkan ke sumber listrik DC atau baterai untuk menjalankannya. Pada gambar 2.1 merupakan pusat dari pengolahan data yang ada pada *prototype*.



Gambar 1 Model *Arduino Uno*
Sumber: Pinterest.com, 2017

Setiap 14 pin digital pada *Arduino Uno* dapat digunakan sebagai *input* dan *output*, menggunakan fungsi pin model, dan digital *read*. Fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 volt, setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan sebuah resistor *pull-up*.

Sensor Gempa (ADXL 355 Accelerometer)

Sensor gempa dapat digunakan pada penelitian ini sensor getar *type* ADXL 335 Accelerometer adalah suatu perangkat elektronik yang dapat mengukur getaran, percepatan, akselerasi dalam suatu sistem. Sensor ADXL 355 ini merupakan sensor yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, dalam hal ini digunakan dalam penulisan Pendeteksi Gempa Menggunakan *Arduino Uno* oleh penulis. Pada gambar 2.2 merupakan gambar dari sensor

ADXL355 yang memiliki fungsi :

a. Fungsi Utama

ADXL 355 merupakan sensor yang mengukur percepatan dan getaran dengan tingkat ketelitian tinggi. Hal ini dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti sistem kontrol stabilitas dan alat keselamatan seperti sistem pendeteksi gempa.

b. Penggunaan dalam aplikasi

Penggunaan dalam pendeteksi getaran ini diputuskan menggunakan sensor ADXL 355 karena memiliki tingkat akurasi yang tinggi dibandingkan dengan sensor yang satu tipe dengan ADXL 355.



Gambar 2 Sensor ADXL 355 Accelerometer
Sumber: Pinterest.com, 2013

Buzzer

Pada gambar 2.3 Sistem pendeteksi gempa yang penulis rangkai juga dilengkapi dengan *alert/sirine*, yang dapat aktif ketika terjadinya gempa bumi. Hal ini dapat membantu memberitahu pekerja serta masyarakat sekitar bahwa mereka harus segera mencari tempat berlindung yang aman.



Gambar 3 Buzzer
Sumber: Pinterest.com, 2020

LCD 16 X 2

Pada gambar 2.4 terdapat LCD 16 X 2 ini digunakan untuk menampilkan informasi atau data pada layar. Untuk menghubungkan LCD dengan mikrokontroler, dibutuhkan pin – pin yang terhubung ke *port* mikrokontroler dan pin - pin yang terhubung ke catu daya dan sinyal kontrol.



Gambar 2. 4 LCD 16 X 2
Sumber: Pinterest.com, 2022

Selain itu, perlu pemrograman mikrokontroler untuk mengirim data dan instruksi ke LCD melalui sinyal kontrol, seperti RS (*Register select*), RW (*Read/Write*), dan E (*Enable*).

Dengan begitu, mikrokontroler dapat mengontrol tampilan pada layar LCD, menampilkan karakter dan simbol yang diinginkan serta memanipulasi tampilan layar seperti menghapus atau memindahkan posisi tampilan.

LED (*Light Emitting Diode*)

LED digunakan pada rangkaian ini sebagai indikator visual untuk menunjukkan status atau kondisi dari sistem dan aplikasi yang dikendalikan oleh mikrokontroler. Pada Gambar 2.5 LED ini di hubungkan ke pin *output* mikrokontroler dan dapat diaktifkan dan di non-aktifkan melalui program pada mikrokontroler. LED ini digunakan karena penggunaan daya nya yang jauh lebih efisien serta relatif lebih tahan lama dibanding lampu lainnya.



Gambar 5 LED

Sumber: Pinterest.com, 2023

Flame Sensor KY-026

Pada gambar 2.6 ini terdapat *Flame Sensor KY-026* digunakan untuk mendeteksi api dari cahaya yang dihasilkan oleh api tersebut, ketika terjadinya gempa dan memungkinkan terjadinya kebakaran di dalam galangan kapal yang memiliki sangat banyak komponen mudah terbakar.



Gambar 6 *Flame Sensor KY-026*

Sumber: Pinterest.com, 2023

LCIM 1602 I2.C

Pada gambar 2.7 merupakan komponen LCIM 1602 I2.C komponen yang digunakan untuk menampilkan data numerik yang dimana prinsip kerja yang dimiliki mirip dengan LCD 16 X 2, perangkat ini akan menampilkan data paralel yang dipilih.

Relay



Gambar 7 LCIM 1602 I2.C

Sumber: Pinterest.com, 2023

Penulis menggunakan *relay* seperti pada gambar 2.8 sebagai perantara antara pin *output* mikrokontroler dan beban daya listrik yang tinggi serta untuk memudahkan pengendalian terhadap perangkat lainnya yang membutuhkan daya yang lebih besar dari pada keluaran langsung dari *board Arduino Uno*.



Gambar 8 LCIM 1602 I2.C
Sumber: Pinterest.com, 2023

Potensiometer 10K

Potensiometer 10K ini digunakan dalam rangkaian ini untuk mengatur kecerahan dari layar LCD ataupun tingkat volume suara dari *buzzer* yang akan digunakan oleh penulis seperti pada gambar 2.9 Potensiometer.



Gambar 9 Potensiometer 10K
Sumber: Pinterest.com, 2023

12V DC Supply

Untuk *supply* daya ketika listrik dari tegangan AC padam akibat bencana yang terjadi, penulis memasukkan 12V DC *supply* ini sebagai *power* pengganti yang dapat men - *supply* rancangan seperti pada gambar 2.10 yang dapat memberikan *power* pada rancangan.



Gambar 10 12V DC Supply
Sumber: Pinterest.com, 2023

Lampu

Penulis menggunakan lampu tambahan seperti pada gambar 2.11 sebagai antisipasi ketika terjadi pemadaman listrik yang mengakibatkan alat yang penulis rancang ini sulit untuk diidentifikasi lokasi di dalam ruangan yang gelap, maka dari itu penulis memasukan lampu ini kedalam rancangan.



Gambar 11 Lampu
Sumber: Pinterest.com, 2023

METODE PENELITIAN

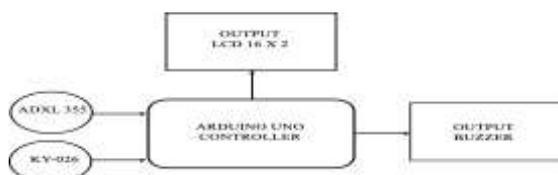
Pada metode penelitian dilakukan perancangan system pada penelitian “Sistem Pendeteksi Bencana Gempa Menggunakan Arduino” agar perancangan bisa runtut dan tidak ada kesalahan, maka di buatlah *flowchart* seperti pada gambar 3.1 :



Gambar 12 *Flowchart* Perancangan Sistem Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023

Berdasarkan *flowchart* perancangan *system*, maka prinsip kerja dari perancangan sistem pada penelitian ini adalah pada saat terjadinya gempa atau getaran yang dapat mengakibatkan bahaya. Sensor getar tersebut akan mengirimkan sinyal kepada *buzzer* dan lampu LED, serta ketika terjadi hilangnya arus listrik pada saat kejadian maka *power* akan di *supply* melalui *power supply* 9V yang terdapat pada rancangan. Jika terdapat percikan api atau asap yang merupakan sumber dari kebakaran maka sensor api juga akan terpicu dan membunyikan *buzzer* yang ada di dalam rangkaian.

Blok Diagram



Gambar 13 Blok Diagram Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023

Berdasarkan blok diagram sebagaimana gambar 3.2 di atas prinsip kerja dari alat penelitian ini adalah sensor menarik data dan mengirimkannya ke mikrokontroler untuk mengeluarkan *output* berupa *display* LCD dan suara dari *buzzer*.

Desain Uji Coba Produk

Desain uji coba produk dari penelitian ini dapat terlihat pada gambar 2 sebagai berikut:

Gambar 14 Rancangan Produk Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023



Tabel 2 Beban kelistrikan

No.	Nomer Komponen	Nama Komponen
1.	1	Arduino Uno
2.	2	Flame Sensor KY-026
3.	3	Sensor ADXL 335 Accelerometer
4.	4	LCM1602 I2C
5.	5	LCD 16 x 2
6.	6	LED
7.	7	Potensiometer 10k
Total beban		8

Sumber : Dokumentasi pribadi, 2023

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian ini adalah sebuah alat seperti pada gambar 15 yang memiliki fungsi untuk memberikan peringatan kepada pekerja dan awak kapal di sekitar area *docking* yang sedang melakukan pekerjaan. Ketika gempa datang dengan skala lebih besar dari 2.0 SR maka *buzzer* akan berbunyi dan lampu 220 V akan menyala, jika terdapat api yang berada di dekat sensor maka sensor juga akan memberikan pertanda pada LCD. Prototipe ini terdiri dari komponen - komponen yang meliputi sensor gempa ADXL 335 *Accelerometer*, sensor api KY-026, mikrokontroler *Arduino uno*, *buzzer*, *breadboard*, Lampu 220V, LED, dan LCD.

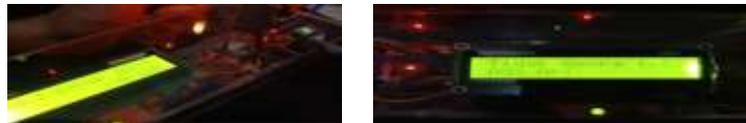


Gambar 15 Pengujian Alat LCD Sumber : Dokumentasi Pribadi (2024)

Pengujian Sensor

Peneliti menggunakan sensor ADXL 335 dan KY -026 sebagai *receiver* yang berfungsi untuk mendeteksi adanya gempa serta api di daerah galangan/tempat *docking* kemudian disimpan ke mikrokontroler untuk memerintahkan *buzzer* serta LED dan Lampu 220V untuk memberikan sinyal secara visual pada gambar 4.2 sesuai pengaturan di *Arduino uno*.

Gambar 16 Pengujian Sensor ADXL dan KY -026 Sumber : Dokumentasi Pribadi (2024)



Peneliti melakukan pengambilan data menggunakan teknik *manual hand vibration* yang dimana hal metode ini menggunakan getaran buatan yang diputuskan dalam pengambilan data sensor pendeteksi gempa pada tabel 3 ini.

Tabel 3 Pengujian Sensor ADXL 355

Kuat Getaran	Skala
Kecil	1.0 – 2.8
Sedang	2.8 – 4.9
Besar	5.0 - ∞

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2024)

Pengujian LCD

Setelah sensor bekerja dengan baik, kemudian LCD menampilkan seberapa besar getaran yang sensor terima. LCD berhasil menampilkan angka nilai getaran. Peneliti melakukan percobaan beberapa kali untuk pengujian sensor LCD untuk melihat LCD bekerja dengan baik atau tidak.



Gambar 17 Pengujian Pada LCD Sumber : Dokumentasi Pribadi (2024)

Pada gambar 4.3 di atas pengambilan data pada saat pengujian LCD yang mana peneliti mengambil data yang telah ditampilkan pada LCD ketika sistem bekerja dari kemiringan sudut pada prototipe 120' – 150' .

Pengujian Software Arduino Uno

Pada pemrograman, *coding* digunakan untuk menetapkan batas nilai perintah yang disimpan di *Arduino Uno*. Pada software ini peneliti menggunakan *Arduino Uno* untuk pemrograman. *Software Arduino Uno* bekerja dengan baik dalam melakukan perintah pada *buzzer*, LCD, Lampu 220V. setelah semua terhubung ke *Arduino Uno*, peneliti mengatur jarak baca pada yang akan ditampilkan pada tampilan LCD dengan menggunakan *software Arduino Uno*. Di dalam gambar 4.4 merupakan *coding* yang penulis gunakan dalam memprogram *Arduino Uno*.



Gambar 18 *Coding* pada *Arduino Uno*
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2024)

PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN

Pada saat pengujian alat, peneliti memberikan data yang telah dilakukan pada saat pengujian sistem dari sumber tegangan kemudian dihubungkan ke mikrokontroler untuk menjalankan semua sistem yang telah di program pada *software*. untuk mengambil data rancang bangun ini, peneliti melakukan tahap pengujian beberapa kali sebagaimana dalam tabel mulai dari sensor ADXL 335 dan KY- 026 sampai ke LCD di dalam rangkaian.

Tabel 4 Pengujian Sensor ADXL 335

No	Bagian	Komponen	Hasil Pengujian
1	Sensor ADXL 355	Sensor ADXL 355	Valid
2	Sensor KY-026	Sensor KY-026	Valid
3	Arduino Uno	Menerima Input	Valid
		Memproses data	Valid
		Menampilkan output	Valid
4	LCD	LCD 16 x 2	Valid
5	Integrasi System	Sensor Gempa ADXL 355	Valid
		Sensor Api KY-026	Valid

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2024)

Pada tabel 4 di atas peneliti telah melakukan 5 kali percobaan untuk mendapatkan validasi dari alat yang penulis gunakan secara maksimal sesuai yang diinginkan peneliti. Dengan memberikan tanda pada lampu 220 V dan *buzzer* sebagai penanda adanya gempa.

Pada penelitian sebelumnya yang di gunakan untuk mengukur besarnya gempa yang terjadi dan keaktifan sensor getar serta perangkat yang digunakan sebagai *output* yaitu dengan menggunakan teknik manual. Kemudian ditampilkan di LCD untuk memberikan besaran angka yang tertera. Angka yang digunakan peneliti ialah besaran skala *richter* yang nilainya adalah 2,0 SR yang dapat memicu *buzzer* dan lampu 220 V sebagai tanda terjadinya gempa, pada saat tidak terjadinya gempa alat yang penulis rancang ber skala 0 pada tampilan LCD dan memiliki batas besaran di 15 skala *richter* pada tampilan LCD.

Meskipun dalam pengujian terdapat beberapa masalah yang terjadi tetapi masalah dalam pengujian dapat diselesaikan dengan baik dan alat dapat berfungsi dengan baik. Serta *buzzer* yang penulis gunakan sebagai tanda terjadinya gempa dan lampu 220 V berfungsi dengan sangat baik ketika pengujian yang di lakukan penulis.

Tabel 5 Pengujian Output Lampu 220 dan *Buzzer*

Kuat Getaran	Skala <i>Ritcher</i>	Output		Hasil Pengujian
		Lampu 220	<i>Buzzer</i>	
Kecil	1.0 – 1.9	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>
Sedang	2.0 – 4.9	<i>On</i>	<i>On</i>	<i>On</i>
Kuat	5.0 – 6.9	<i>On</i>	<i>On</i>	<i>On</i>
Besar	7.0 – 8.5	<i>On</i>	<i>On</i>	<i>On</i>
Sangat Kuat	8.6 - ∞	<i>On</i>	<i>On</i>	<i>On</i>

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2024)

Untuk mengetahui tingkat galat pada alat pendeteksi gempa maka dilakukan perbandingan antara *Manual Hand Vibration* dan *seismometer* dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Perbandingan antara *manual hand vibration* dan *seismometer*

No	<i>Manual Hand Vibration</i> (SR)	Seismometer (SR)	Selisih	Galat (%)
1	3,8	4,9	1,1	22
2	4,3	5,2	1,1	22
3	5,0	6,1	1,1	22
4	2,5	1,4	1,1	22
5	13,8	12,6	1,2	24
Rata – Rata				22,4

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2024)

Perbandingan hasil pengukuran menggunakan metode *Manual Hand Vibration* dengan pengukuran menggunakan *seismometer*, menghasilkan beberapa hasil dalam 5 kali uji coba. Tingkat *error* rata rata dalam 5 kali percobaan sebesar 22,4 %. Tingkat akurasi rata rata alat tersebut sebesar 77,6 % .

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data alat pendeteksi gempa menggunakan *Arduino Uno* dapat menyimpulkan rancangan pembuatan alat pendeteksi gempa menggunakan *Arduino Uno* :

1. Alat sistem pendeteksi gempa ini dapat memberikan perintah pada *buzzer* dan lampu 220 V secara otomatis apabila sensor ADXL 335 menerima getaran, dan *Arduino Uno* dapat mengolah data dari sensor ADXL 335 dan dapat memberikan *output* pada LCD dan *Buzzer*.
2. Dalam perancangan dan pendesainan alat pendeteksi gempa menggunakan *Arduino Uno* ini telah berhasil melakukan pengujian sehingga alat dikatakan mampu bekerja dengan baik dengan tingkatan akurasi data yang di terima oleh sensor ADXL 335 adalah 77,6 % tingkat keakuratan berdasarkan simulator yang digunakan dalam perancangan alat.

Saran

Beberapa hal juga dapat dilakukan untuk membantu sistem pada alat ini agar lebih akurat dalam pengukuran getaran dengan sensor yang lebih presisi ketika sistem dalam keadaan bekerja mengukur getaran yang terjadi.

Untuk peneliti selanjutnya agar mengembangkan lebih maksimal dalam mengukur dan mengatur sensitivitas sensor yang digunakan dalam system yang lebih praktis dan modern agar dapat di terapkan di daerah pelabuhan atau galangan kapal/daerah pesisir.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir. (2013). Panduan praktis mempelajari aplikasi mikrokontroler dan pemrogramanya menggunakan Arduino. Yogyakarta: C.V. Andi Offset.
- Botella, F., Rosa-Herranz, J., Giner, J. J., Molina, S., & Galiana-Merino, J. J. (2003). A real-time earthquake detector with prefiltering by wavelets. *Computers & Geosciences*, 29(7), 911-919.
- Chen, F. H., Shieh, H. L., & Tu, J. F. (2023). Development of earthquake detection and warning system based on sensors. *Sensors & Materials*, 35.
- Crisnapati, P. N., Sutarta, W., Setiawan, I. K., & Ardhi, P. B. (2018). Earthquake damage intensity scaling system based on Raspberry Pi and Arduino Uno. In 2018 6th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM) (pp. 1-6). IEEE.
- Edidas, E., & Putra, R. R. (2022). Designing and building earthquake warning system with Arduino and web-based SES60 SLP sensor. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 11(1), 581-588.

- Fadlilah, N. I., & Arifudin, A. (2018). Pembuatan alat pendeteksi gempa menggunakan accelerometer berbasis Arduino. *Jurnal Evolusi*, 6(1), 61-67.
- Hoque, R., Hussain, M. M., Rahman, M., Noor, M. S., & Sadique, M. A. (2015). Earthquake monitoring and warning system. In 2015 International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE) (pp. 1-6). IEEE.
- Husni, E., & Laumal, F. (2018). The development of an earthquake early warning system using an ADXL335 accelerometer. In 2018 21st Saudi Computer Society National Computer Conference (NCC) (pp. 1-6). IEEE.
- Mehra, S. (2017, February). Disaster detection system using Arduino. In 2017 International Conference on Information Communication and Embedded Systems (ICICES) (pp. 1-6). IEEE.
- Pales, C. J. G., Capuno, J. B., & Matienzo, K. J. R. (2023). Seismograph motion detector alarm for detecting seismic waves and mitigating earthquake hazards using Arduino UNO (MDASH-UNO).
- Pathak, B., Kumar, P., Sharma, A., & Kumar, R. (2019). Earthquake detector using Arduino Uno.
- Saputra, J. F., Rosmiati, M., & Sari, M. I. (2017). Pembangunan prototype sistem monitoring getaran gempa menggunakan sensor module SW-420. *eProceedings of Applied Science*, 4(3).
- Sindhanaiselvi, D., & Shanmuganatham, T. (2020). Implementation of building stability analyzer with earthquake detection using simple MEMS pressure sensor. In *Advances in Communication Systems and Networks: Select Proceedings of ComNet 2019* (pp. 1-6). Springer Singapore.
- Tomaneng, S. D. G., Pacheco, R. C., Jamora, J. M., Capuno, J. B., & Matienzo, K. J. R. (2022). Towards the development of a cost-effective earthquake monitoring system and vibration detector with SMS notification using IoT. *International Journal of Engineering and Manufacturing*, 12(1), 22-27.
- Varghese, S., Varghese, A., Jagadees, A., & Vijayan, E. A. (2023). Earthquake detector using Arduino.