

# PENERAPAN SENSOR PEDETEKSI DINI GEMPA BUMI PADA BANGUNAN KONSTRUKSI

Budi Witjaksana<sup>1</sup>, Andi Syaiful Amal<sup>2</sup>

Universitas Muhammadiyah Malang, Malang

<sup>2</sup> Program Profesi Insinyur, Universitas Muhammadiyah Malang, Jl. Raya Tlogomas 246 Malang

Kontak Person:

Budi Witjaksana

Jl. Raya Tlogomas No. 246. Malang, Jawa Timur, Indonesia, Telp. 0341-463513

E-mail: [budiwitjaksana@gmail.com](mailto:budiwitjaksana@gmail.com)

## Abstrak

*Deteksi dini adanya gempa bumi pada konstruksi bangunan merupakan bagian penting sebagai langkah antisipatif mandiri yang dapat memberikan informasi persuasif yang cepat dan akurat dalam memberikan jaminan terhadap keselamatan pengguna konstruksi bangunan. Frekuensi dan intensitas kegempaan di Indonesia khususnya di Jawa Timur menunjukkan bahwa semakin tahun semakin meningkat, sehingga diperlukan sebuah alat yang dapat memberikan informasi dengan cepat dan tepat dan sekaligus murah. Dalam penelitian ini akan direncanakan dan dibuat suatu perangkat elektronik yang dapat diterapkan untuk mendeteksi dini adanya gempa pada konstruksi bangunan secara umum terutama pada konstruksi bangunan gedung bertingkat, perangkat ini mengaplikasikan sensor proximity sebagai pendeteksi gempa bumi berupa getaran horizontal. Sensor pendeteksi dini gempa bumi berdasarkan mekanisme rambat getaran dan disesuaikan dengan range pada skala richter akan secara otomatis akan mengaktifkan sistem keamanan gedung bertingkat. Hasil penelitian ini mendapatkan suatu perangkat tepat guna yang dapat diterapkan pada gedung bertingkat sebagai deteksi dini pada 4 magnitudo, sehingga para pengguna yang berada di dalamnya dapat menyelamatkan diri jika akan adanya gempa bumi dan menuju ke tempat yang aman sesuai protokol keselamatan.*

**Kata kunci :** gempa bumi, sensor, gedung bertingkat

## 1. Pendahuluan

Peringatan dini gempa bumi dianggap sebagai salah satu tindakan mitigasi kerusakan gempa bumi secara *real-time* yang mendeteksi gelombang seismik, menganalisis dan mengirimkan informasi tentang guncangan tanah yang akan datang di lokasi pengguna potensial. Penelitian ini membahas tentang rancang bangun sensor magnetik pada peralatan elektronik sebagai pendeteksi dini gempa bumi (Mitigasi). (1) Bagaimana merangkai sensor *proximity* untuk mendapatkan data guncangan dari gempa bumi. (2) Bagaimana merancang sistem kontrol nya. (3) Bagaimana merancang rangkaian kendali dari nilai sensor dan sistem rangkaiannya. Tujuan utama penelitian ini adalah merancang peralatan elektronik pendeteksi gempa bumi (Mitigasi) sehingga bila ada gempa bumi alat tersebut akan mengeluarkan peringatan dengan demikian manusia bisa menyelamatkan diri.

Beberapa penelitian melakukan pembahasan dan desain berkaitan dengan pendeteksi gempa bumi secara dini ini seperti yang disampaikan dalam artikel ilmiah oleh : Saptorini and Ema [1] dengan judul penelitian Pembuatan Simulasi Pendeteksi Getaran Sebagai Peringatan Dini Terjadinya Gempa Bumi dengan menggunakan sensor *piezoelectric* dalam abstraksinya disampaikan bahwa Bencana alam seperti banjir, gempa, tanah longsor, dan sebagainya terus terjadi karena hilangnya keseimbangan antara alam dan manusia. Seiring berkembangnya teknologi, berbagai inovasi telah dibuat untuk meminimalisir banyaknya kerusakan yang mungkin terjadi karena keterbatasan manusia untuk mendeteksi terjadinya bencana alam. Gempa bumi biasanya disebabkan dari pelepasan energi yang dihasilkan oleh tekanan yang disebabkan oleh lempengan yang bergerak. Semakin lama tekanan itu kian membesar dan akhirnya mencapai pada keadaan dimana tekanan tersebut tidak dapat ditahan lagi oleh pinggiran lempengan. Pada saat itulah gempa bumi akan terjadi. Pada kajian ini, akan membuat sebuah alat yang dapat memberikan informasi pertama pada manusia ketika terjadi gempa bumi menggunakan sensor *piezoelectric*. Pada *piezoelectric* getaran yang diterima akan diproses sehingga menghasilkan bunyi dari *buzzer* dan LED akan menyala. Dalam alat pendeteksi gempa bumi (*Earthquake Detector*) ini terdapat beberapa komponen utama, yaitu *piezoelectric* yang bekerja sebagai sensor getaran, IC 555 yang bekerja sebagai trigger/saklar untuk mengaktifkan alarm, dan beberapa komponen elektronika dasar lainnya.

Indikator LED dan *Buzzer* akan aktif selama kurang lebih 10 detik selama terjadinya getaran. Kata kunci : Gempa Bumi, *Earthquake Detector*, *Piezoelectric* [1]. Kurniawan, et al. [2] dengan judul penelitian Sistem Deteksi Lokasi Gempa Menggunakan Arduino Mega 2560, Sensor SW-420, GPS Dan Notifikasi SMS dalam abstraksinya disampaikan bahwa Telah dirancang alat pengaman tas berbasis *Arduino Uno* menggunakan sensor getar SW-420 dan LDR (Light Dependent Resistor) dengan notifikasi via SMS. Alat ini berfungsi untuk meminimalisir terjadinya tindakan pencurian pada tas yang disebabkan oleh kelalaian pemilik yang sering meninggalkan tasnya di suatu tempat. Kondisi tas dinyatakan dalam dua variabel keadaan yaitu getaran dan cahaya. Alat yang dirancang menggunakan dua buah sensor yaitu sensor getar dan LDR, *Arduino Uno* komponen yang berfungsi sebagai pemroses utama sistem, serta modul SIM800L yang digunakan untuk memfasilitasi transmisi informasi ke *handphone* pengguna. Hasil pengujian menunjukkan sistem berfungsi sesuai tujuan perancangan. Sensor SW-420 mendeteksi getaran dengan nilai ambang batas lebar pulsa 1799  $\mu$ s, kemudian SIM800L mengirim SMS "Tas tidak aman". Sensor LDR mendeteksi cahaya dengan nilai ambang batas desimal ADC 14, kemudian SIM800L mengirim SMS "Tas dibuka". Pengiriman notifikasi SMS disertai dengan *missed call* selama 17 s. Tingkat keberhasilan alat adalah 80% dari sepuluh kali percobaan yang dilakukan. Kata kunci: *Arduino Uno*, modul SIM800L, pengaman tas, sensor getar SW-420, sensor LDR [1] [2]. Ardhi, et al. [3] dengan judul penelitian Perancangan Alat Pendeteksi Gempa Menggunakan Sensor Getar dalam abstraksinya menyampaikan wilayah Indonesia merupakan daerah rawan gempa dengan macam-macam gempa seperti gempa tektonik maupun gempa vulkanik. Gempa tidak dapat diprediksi kejadiannya. Hal tersebut menyebabkan gempa dapat terjadi secara tiba-tiba pada daerah yang terkena dari dampak getaran gempa yang dirasakan. Banyak korban jiwa yang tidak dapat menyelamatkan diri karena terjebak di suatu tempat atau minimnya pemberitahuan akan informasi gempa yang terjadi pada lokasi tersebut. Dimana teknologi pendeteksi gempa masih menggunakan tenaga manusia atau tenaga konvensional sebagai operator. Hal yang penting dalam bencana gempa adalah kecepatan informasi yang diterima oleh masyarakat dari sistem pendeteksi gempa, mengingat bencana gempa terjadi dengan sangat cepat. Perancangan dan implementasi alat pendeteksi gempa bumi berbasis sensor getar. Dimana hasil pembacaan sensor dari alat akan dibandingkan dengan pembacaan dari skala MMI. Dimana getaran yang terjadi di sekitar area tersebut akan diteruskan ke jaringan satelit. Rancangan sistem ini tersusun atas sensor getar, sensor *accelerometer* dan *mikrokontroler Arduino Uno*. Sensor getar digunakan untuk mengetahui berapa besar getaran yang terjadi pada area di sekitar yang memiliki keluaran ADC dan diubah kedalam tegangan. Parameter dari pemantauan pergerakan atau getaran dimasukan kedalam data perhitungan. Sistem ini akan menentukan jenis kekuatan gempa sesuai kekuatan yang dibaca oleh sensor 801S. Setelah dilakukan pengujian dan analisis didapatkan nilai akurasi dari sensor 801S diatas 90% dengan nilai error yang kecil. Selisih nilai sensor dengan Multimeter hampir mendekati [1], [3]. Ardhi, et al. [3] dengan judul penelitian Perancangan Alat Pendeteksi Gempa Menggunakan Sensor *Accelerometer* Dan Sensor Getar dalam abstraksinya menyampaikan bahwa Indonesia merupakan daerah rawan gempa baik gempa tektonik maupun gempa vulkanik. Terjadinya gempa tidak dapat diprediksi kejadiannya. Hal tersebut menyebabkan gempa dapat terjadi secara tiba-tiba pada zona gempa. Banyak korban jiwa yang tidak dapat menyelamatkan diri karena terjebak di suatu tempat atau minimnya pemberitahuan akan informasi gempa yang terjadi. Dengan adanya kondisi ini penulis tertarik untuk membuat sebuah inovasi untuk menanggulangi masalah tersebut, dengan cara membuat sistem pendeteksi gempa menggunakan sensor *accelerometer* dan *vibration* sensor, untuk menangkap gerakan tanah/getaran tanah dan memberikan sebuah notifikasi kepada pengguna penduduk melalui aplikasi Android tepat pada saat gempa berlangsung. Sistem ini terdiri dari *mikrokontroler Arduino Uno*, sensor *accelerometer* dan sensor getar. *Mikrokontroler Arduino Uno* digunakan sebagai pengolah data yang dideteksi oleh sensor *accelerometer* dan sensor getar. Sensor *accelerometer* digunakan untuk mengetahui posisi atau keadaan tanah saat keadaan diam atau bergerak yang memiliki keluaran berupa nilai koordinat x, y,z. Sensor getar digunakan untuk mengetahui besar getaran yang bergetar pada tanah yang memiliki keluaran tegangan.

Parameter keberhasilan dari penelitian ini adalah mampu mendeteksi gempa bumi dan nilai yang dideteksi sesuai dengan nilai realtime dari pembacaan sensor yang diolah sesuai dengan data yang digunakan dalam *British Geological Survey*. Setelah beberapa pengujian dan analisis dari sensor Adxl

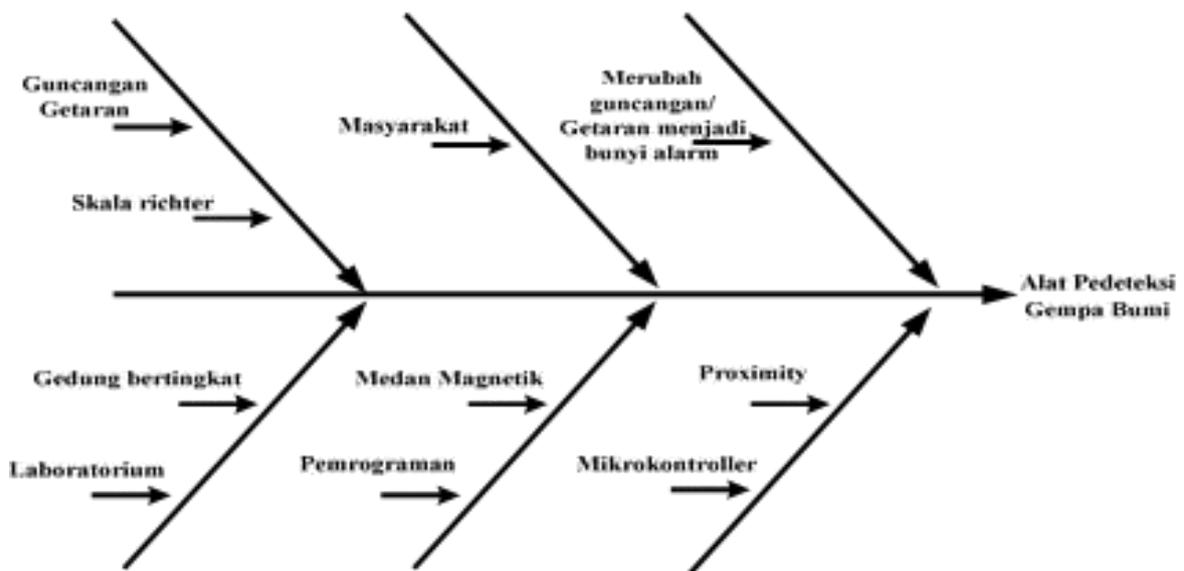
335 memiliki *error rate* pada 0,80% pada sumbu x, 0,30% pada sumbu y, dan 0,017% pada sumbu z. Sedangkan, dari sensor getar telah mendapatkan nilai tegangan sesuai porsi tekanan. Dari hasil yang diperoleh tersebut, dapat diketahui bahwa pembacaan data oleh sensor Adxl 335 menghasilkan nilai yang hampir sama dengan *accelerometer* pada *smartphone*.

Metode yang digunakan adalah memanfaatkan sensor *proximity* sebagai pendeteksi gempa bumi berupa getaran horizontal maupun vertikal sesuai letak sensor *proximity*. Jika sensor mendeteksi adanya getaran yang sudah di set sesuai *range* skala *richter* maka secara otomatis akan mengaktifkan sistem keamanan gedung bertingkat. Peralatan deteksi gempa dini yang akan dipasang pada Gedung bertingkat ini diharapkan dapat dibuat dengan biaya yang relatif murah dan tepat guna secara efektif sehingga dapat digunakan secara massal.

## 2. Metode Penelitian

Rancangan penelitian ini meliputi beberapa bagian, seperti pembuatan *hardware*, pembuatan *software*, pengujian, dan evaluasi efektifitas dari sistem yang diterapkan. Perakitan perangkat keras meliputi sensor *proximity*, pengaturan skala gempa, *arduino*, tampilan, pembuatan *software* menggunakan bahasa pemrograman C++.

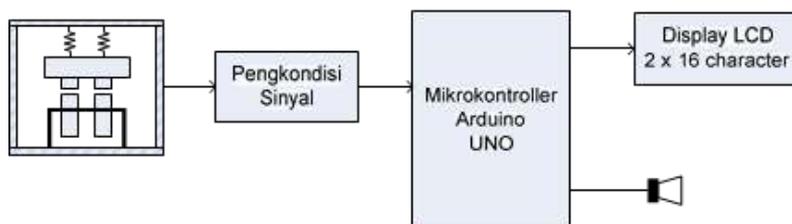
Pengujian *hardware* dan *software* dilakukan dengan menggunakan getaran yang setara dengan skala *richter*, mencatat data, dan mencoba peralatan dengan berbagai kondisi getaran dengan mengukur menggunakan pengukur getaran meter. Evaluasi efektifitas dilakukan dengan mencatat tingkat kesalahan ukur. Bagan alir dari alat pendeteksi tersebut dapat digambarkan dengan *fishbone diagram* seperti pada gambar 1



Gambar 1 *Fishbone diagram* alat pendeteksi dini gempa bumi

### 2.1 Perancangan Blok Sistem

Perancangan diagram blok sistem ini merupakan logika berpikir dalam mencapai hasil akhir yang bertujuan untuk memberikan instruksi peringatan dini gempa bumi melalui *buzzer* yang berbunyi [4]. Sensor gempa bumi yang digunakan adalah sensor magnetik yang menggunakan prinsip gaya pegas. Jika ada guncangan vertikal yang diberikan, maka pegas akan bergerak mendekati magnet permanen yang ditanam di bawah sensor magnet, sehingga jarak antara sensor magnet dan magnet permanen menjadi dekat yang menghasilkan medan magnet yang kuat, medan magnet ini yang akan diindera sensor. Sensor akan mengolah data dan merubah besaran magnet menjadi besaran listrik yang akan diolah lagi menjadi besaran fisis berupa keluaran bunyi dari *buzzer* dan LCD. Perancangan diagram blok sistem dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Perancangan diagram blok *system*

## 2.2 Karakterisasi Sensor

Efek *Hall* Karakterisasi sensor dilakukan untuk mengetahui apakah sensor sesuai dengan datasheet dan apakah dapat bekerja dengan baik. Rangkaian ini merupakan gabungan dari rangkaian catu daya, rangkaian sistem sensor, rangkaian pengondisi sinyal, modul Mikrokontroler *Arduino Uno* R3, LCD, serta rangkaian alarm peringatan dini.

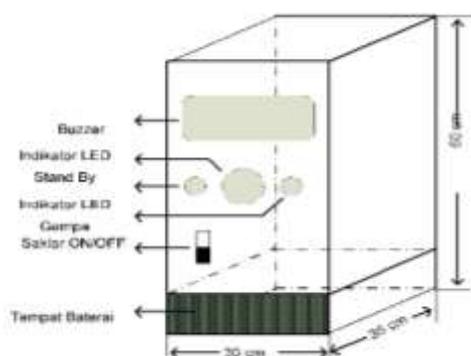
## 2.3 Perancangan Program pada PC

Perancangan program menggunakan *software* BASCOM-AYR untuk menjalankan perintah yang telah diprogram. Program diawali dengan inisialisasi pin mikrokontroler. Program yang akan dibuat sesuai dengan port yang telah ditentukan sebagai masukan dan keluaran. Port AO sebagai masukan pada sistem sensor, sedangkan *port* C3, C4, C5, dan C7 digunakan sebagai *port* keluaran berupa bunyi alarm. Sebelum perancangan program pada PC terlebih dahulu digambarkan dalam bentuk diagram alir yang dijadikan sebagai alur pemikiran pembuatan program.

## 2.4 Perancangan Bentuk Prototype

Sistem Peringatan Dini Gempa Bumi *Prototype* terdiri dari kotak sistem sensor gempa bumi yang dilengkapi dengan pegas yang akan memendek jika menerima tekanan yang mengakibatkan jarak sensor dengan magnet batang menjadi lebih dekat dan menimbulkan medan magnet, medan magnet inilah yang akan diindera oleh sensor tersebut [4]. Dari sensor diteruskan pada rangkaian pengondisi sinyal dan langsung pada mikrokontroler yang dibuat seperti kotak agar terjaga dari kerusakan. Setelah itu alarm akan berbunyi sebagaimana yang telah diprogram. Pengujian akhir *prototype* dilakukan dengan mensimulasikan terjadinya gempa bumi. Massa gerak tanah yang akan memberikan tekanan pada kotak yang berisi sistem sensor gempa bumi akan bekerja. Jika pada simulasi gempa bumi terjadi maka lampu indikator dan alarm akan berbunyi sebagai peringatan dini terjadinya gempa bumi. Simulasi dilakukan di atas papan berukuran 200 cm dengan menjatuhkan variasi beban untuk melihat perubahan energi yang ditimbulkan.

Gambar 3  
Pendeteksi



Perancangan *Prototype* Alat

## 3. Hasil dan Pembahasan

Langkah awal adalah baterai dihubungkan ke *arduino*. Pada saat pertama kali *start*, *bootloader arduino* akan melakukan inisialisasi proses *start up*. Proses ini ditandai dengan berkedipnya LED

indikator *arduino* sebanyak 7 kali dengan durasi "ON" selama 200ms dan "OFF" selama 200ms. Jumlah kedipan LED indikator ini merupakan sinyal penanda proses *booting arduino* dan inisialisasi UART *arduino* dengan rincian 3 kali kedip untuk proses *booting* dan 4 kali kedip untuk proses inisialisasi UART. Setelah proses inisialisasi kemudian *arduino* akan menjalankan program aplikasi pengguna dalam hal ini program deteksi gempa bumi. Program deteksi gempa dimulai dengan pembacaan data dari *proximity* medan elektromagnetik secara terus menerus, data percepatan pada masing-masing sumbu dikirim ke mikrokontroler ATmega 328 untuk diproses oleh *software interface*. Apabila pada salah satu sumbu terjadi perubahan nilai menjadi logik tinggi maka sirine deteksi gempa akan berbunyi.

### 3.1 Catu Daya

Catu daya utama menggunakan *battery Li-ion* 18650 sebesar 11.1 Volt kemudian dihubungkan dengan *arduino*. Blok *power supply internal* pada *arduino* terdapat regulator 5 Volt yang akan mengubah tegangan 11,1 Volt menjadi 5 Volt, sehingga sesuai dengan nilai tegangan kerja kontroler *arduino*, sensor dan *actuator* yang digunakan. Rangkaian regulator yang ada pada *arduino board* adalah sebagai berikut, Prinsip kerja rangkaian diatas adalah tegangan input dari baterai kemudian diturunkan menjadi tegangan 5 Volt ter-regulasi oleh IC LDO (*Low Drop Out*) regulator LM-7805.



**Gambar 4** Catu daya *Battery Li-ion Rechargeable* 18650

### 3.2 Masukkan

Keempat *Proximity* Medan Elektromagnetik Sensor terhubung langsung ke *arduino* dengan konfigurasi ditunjukkan dalam gambar 5 Tata Letak *Proximity*



**Gambar 5** Tata Letak *Proximity*

Hasil pengukuran jarak bandul terhadap *proximity* medan elektromagnetik ditunjukkan seperti pada Tabel 1 Jarak Bandul terhadap Sensor *Proximity*.

**Tabel 1** Jarak Bandul terhadap Sensor *Proximity*

Sensor Proximity	Jarak Bandul ( mm )		Keluaran Proximity (V)		Keluaran Logic		Keterangan
	Dekat	Jauh	Dekat	Jauh	Dekat	Jauh	
SU	0	4.0	4,8	0,6	1	0	Sensor Utara
SS	0	4.0	4,5	0,6	1	0	Sensor Selatan
ST	0	4.5	4,5	0,6	1	0	Sensor Timur
SB	0	4.0	4,7	0,6	1	0	Sensor Barat

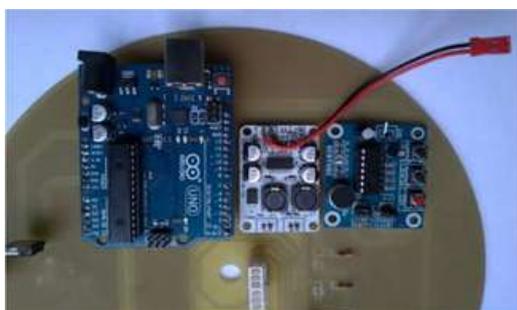
### 3.3 Keluaran

*Port* PD2 dan PD4 dipakai sebagai keluaran yang dihubungkan dengan kendali relai pengeras suara HW-328 dan ke modul suara ISD 1820 sebagai penghasil suara sirine. Hubungan antara perubahan keluaran terhadap masukan dari mikrokontroler ATmega 328 ditunjukkan seperti Tabel 2 Keluaran Mikrokontroler *Port* PD2, PD4 pada Masukan *Port* PC0, PC1.

**Tabel 2** Keluaran Mikrokontroler *Port* PD2, PD4 pada Masukan *Port* PC0, PC1

Masukan Mikrokontroler Port	Keluaran Mikrokontroler		Tanda Keluaran Sirine	Keterangan
	PD2	PD4		
PC0 0	0	0	Mati	Gempa asal dari Utara atau selatan
PC0 1	1	1	Bunyi	
PC1 0	0	0	Mati	Gempa asal dari Timur, Barat
PC1 1	1	1	Bunyi	
PC2 0	0	0	Mati	Gempa Vertikal
PC2 1	1	1	Bunyi	
PC3 0	0	0	Mati	Emergency
PC3 1	1	1	Bunyi	
PC4 0	0	0	Mati	Simulasi
PC4 1	1	1	Bunyi	

Hasil fisik dari penelitian ini berupa alat deteksi gempa bumi yaitu teknologi tepat guna yang berfungsi dimana jika ada gempa bumi maka alat ini akan mengeluarkan suara sirin, wujud dari alat tersebut seperti pada Gambar 6 Tata Letak Unit Modul *Arduino*, HW328 dan ISD 1820 dan Gambar 7 Tempat Komponen Dalam Tabung



**Gambar 6** Tata Letak Unit Modul *Arduino*, HW328 dan ISD 1820



**Gambar 7** Tempat Komponen Dalam Tabung

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian alat pendeteksi gempa bumi menggunakan *proximity* medan elektromagnetik sebagai sensor berbasis mikrokontroler ATmega 328 dengan keluaran bunyi sirine dapat disimpulkan bahwa, Perancangan alat pendeteksi gempa menggunakan sensor *proximity* medan elektromagnetik berbasis mikrokontroler ATmega 328 dapat berjalan sesuai harapan peneliti.

Keluaran sirine berupa suara sesuai instruksi program yang telah dimasukkan dari gerakan bandul yang di sensor *proximity* pada tegangan 4,9 volt, dan jika tegangan kurang dari 2 volt maka sirine tidak bekerja. Alat akan berfungsi jika mendapat gerakan dari bandul yang mendekati jarak yang dideteksi sensor, dan sirine akan bekerja jika gempa atau getaran sesuai dengan standar atau melebihi data yang dimasukkan.

Rencana pengembangan penelitian kedepan perlunya dilakukan penelitian lanjut terhadap gempa sebenarnya ataupun simulasi pada kondisi sebenarnya untuk mendapatkan alat yang benar-benar bisa dimanfaatkan langsung dilapangan

#### Daftar Notasi / Singkatan

LCD	: <i>Liquid crystal display</i>
LED	: <i>Light-Emitting Diode</i>
<i>Proximity</i> sensor	: Sensor yang digunakan untuk mendeteksi suatu obyek benda berdasarkan jarak benda tersebut terhadap sensor
PD	: <i>Power delivery</i>

#### Referensi

- [1] E. P. Saptorini and E. Ema, "PEMBUATAN SIMULASI PENDETEKSI GETARAN SEBAGAI PERINGATAN DINI TERJADINYA GEMPA BUMI," *Jurnal Industri Elektro dan Penerbangan*, vol. 8, no. 3, 2020.
- [2] A. Kurniawan, T. Wisjhnuadji, A. Narendro, and R. A. Firdaus, "Sistem Deteksi Lokasi Gempa Menggunakan Arduino Mega 2560, Sensor SW-420, GPS Dan Notifikasi SMS," *Budi Luhur Information Technology*, vol. 17, no. 1, pp. 62-68, 2020.
- [3] C. K. Ardhi, M. A. Murti, and R. Nugrah, "Perancangan Alat Pendeteksi Gempa Menggunakan Sensor Accelerometer Dan Sensor Getar," *eProceedings of Engineering*, vol. 5, no. 3, 2018.
- [4] A. R. Naldi and W. Wildian, "Rancang Bangun Sistem Alarm Gempa Bumi Menggunakan Prinsip Gaya Pegas dan Penginderaan Medan Magnetik," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 7, no. 4, pp. 374-378, 2018.