

SMART HOME YANG TERINTEGRASI SECARA REAL-TIME DENGAN SISTEM PENDETEKSI GEMPA

Mohammad Tuter Ajie Yunanda^{1*}, Isac Ilham Akbar Habibi², Glorio Stephen Tham³, Pandu Sapta Agung Santoso⁴

^{1,2,3,4}Teknik Elektronika/Politeknik Negeri Malang; Jalan Lingkar Maskumambang, Kota Kediri; (0354) 6023869

Keywords:

3-5 keyword;
Earthquake Detection; Smart Home; ADXL335; ESP32; IoT

Correspondent Email:

mtutur.ajie@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem *smart home* yang terintegrasi secara *real time* dengan sistem pendeteksi gempa. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor ADXL335 sebagai pendeteksi getaran gempa, serta sensor LDR untuk otomatisasi lampu berdasarkan kondisi siang atau malam. Selain itu, sistem dilengkapi dengan aktuator seperti lampu, *speaker*, dan *solenoid door lock* yang bekerja secara otomatis saat gempa terdeteksi maupun sesuai perintah manual melalui *smartphone*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor LDR mampu mengontrol lampu secara otomatis sesuai intensitas cahaya. Sensor ADXL335 memiliki tingkat akurasi yang baik. Sistem pendeteksi gempa mampu mengaktifkan semua aktuator dengan rata-rata waktu respon 5,22 detik pada kondisi sinyal baik dan 8,77 detik pada sinyal buruk. Sistem *smart home* yang dikembangkan berhasil memberikan respon otomatis terhadap kondisi gempa dan dapat dikendalikan secara *real time* melalui *smartphone*. Sistem ini dapat menjadi solusi efektif untuk meningkatkan keamanan rumah saat terjadi gempa.



Copyright © [JITET](#) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. This study aims to design and implement a smart home system that is integrated in real time with an earthquake detection system. The system uses an ESP32 microcontroller as the main control unit, an ADXL335 sensor for detecting earthquake vibrations, and an LDR sensor for automatic lighting control based on day and night conditions. In addition, the system is equipped with actuators such as lamps, a speaker, and a solenoid door lock that operate automatically when an earthquake is detected or according to manual commands via a smartphone. The test results show that the LDR sensor is able to control the lighting automatically according to light intensity. The ADXL335 sensor demonstrates a good level of accuracy. The earthquake detection system is capable of activating all actuators with an average response time of 5.22 seconds under good signal conditions and 8.77 seconds under poor signal conditions. The developed smart home system successfully provides automatic responses to earthquake conditions and can be controlled in real time via a smartphone. This system can serve as an effective solution to enhance home safety during earthquake events.

1. PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai tingkat aktivitas seismik yang sangat tinggi karena terletak di wilayah batas pertemuan empat lempeng utama,

yaitu lempeng India-Australia, Eurasia, Pasifik, dan Karolina-Filipina [1]. Dampak yang ditimbulkan oleh gempa bumi sangat merugikan, baik dari segi korban jiwa,

kerusakan harta benda, maupun dampak sosial-ekonomi.

Sistem mitigasi gempa yang umum digunakan saat ini masih mengandalkan metode konvensional berupa informasi yang disebarluaskan melalui media komunikasi seperti televisi, radio, ataupun media sosial. Hal ini menjadi penting untuk dikembangkan, mengingat bencana alam gempa bumi merupakan bencana alam yang cukup sering terjadi, dan terjadi pada kurun waktu yang begitu cepat, sehingga kesiapan dalam sistem deteksi gempa bumi sangatlah penting nilainya [2]. Keterlambatan informasi tersebut mengakibatkan lambatnya respons dalam melakukan tindakan preventif atau mitigasi sehingga meningkatkan risiko terjadinya korban jiwa dan kerusakan material.

Smart home adalah sistem aplikasi yang merupakan gabungan antara teknologi dan pelayanan yang dikhususkan pada lingkungan rumah dengan fungsi tertentu agar dapat membantu kenyamanan dan keamanan penghuninya [3]. Penelitian sebelumnya membahas tentang sistem atau alat yang dapat menampilkan nilai suatu gempa dalam getaran dan arah gerak getaran serta memberikan peringatan dini terjadinya gempa bumi. Jika terjadi suatu gempa bumi sistem akan membunyikan *buzzer*, menyalakan LED, dan mengirimkan notifikasi melalui aplikasi *whatsapp* [4]. Penerapan teknologi yang tepat sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan kecepatan penyampaian informasi bencana gempa. Dalam upaya tersebut, berkembang pula ide untuk menciptakan "Smart Home Yang Terintegrasi Secara Real-Time" Dengan Sistem Pendeteksi Gempa. Pada penelitian ini smart home berupa kontrol lampu melalui smartphone dan buka tutup kunci pintu melalui smartphone. Penggunaan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) pada smart home ini digunakan sebagai kontrol lampu pada saat sensor mendeteksi cahaya. Sistem pendeteksi gempa pada smart home ini berupa pemberitahuan peringatan melalui suara dan LCD. Serta kontrol lampu dan pengunci pintu secara otomatis dan real time saat terjadi gempa. Serta menyalakan lampu *emergency* pada pintu keluar untuk jalur evakuasi saat terjadi gempa.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gempa Bumi

Gempa bumi adalah getaran asli dari dalam bumi, bersumber di dalam bumi yang kemudian merambat ke permukaan bumi akibat rekahan bumi pecah dan bergeser dengan keras [5]. Gempa bumi merupakan fenomena alam yang sukar sekali untuk diramalkan kapan terjadinya, berapa kekuatan gempanya, apakah gempa yang terjadi menimbulkan kerusakan harta benda dan menimbulkan korban jiwa atau tidak [6]. Gempa bumi dapat menyebabkan kerusakan bangunan, korban jiwa, dan kerugian material dalam waktu yang sangat singkat. Sistem deteksi dini dirancang untuk memberikan peringatan sebelum efek destruktif gempa dirasakan. Tabel dibawah ini menunjukkan klasifikasi pembacaan sensor ADXL335.

Tabel 1 Status Peringatan Gempa

Urutan	Kekuatan Gempa	Status
Low	3 – 4 M	Terasa
Medium	4,1 – 5 M	Cukup Terasa Terasa
High	5,1 – 6 M/Lebih	Sangat Terasa

2.2. Internet of Things (IoT)

IoT dapat melakukan lebih dari sekadar mengontrol perangkat dari jarak jauh., tetapi juga dapat berbagi data, memvirtualisasikan semuanya dalam bentuk Internet, dan banyak lagi [7]. Penerapan IoT dalam smart home memungkinkan interaksi antar perangkat elektronik secara otomatis, efektif, dan efisien, yang memberikan kemudahan bagi pengguna dalam melakukan kontrol terhadap berbagai aspek rumah seperti pencahayaan, keamanan, suhu ruangan, serta manajemen energi. Pada penelitian ini Internet of Things (IoT) digunakan sebagai kontrol lampu rumah dan membuka kunci pintu menggunakan smartphone.

2.3. ESP32

ESP32 memiliki dua prosesor komputasi, satu prosesor untuk mengelola jaringan WiFi dan Bluetooth, serta satu prosesor lainnya untuk menjalankan aplikasi [8]. ESP32 berperan sebagai pusat kendali pada sistem smart home dalam penelitian ini. Semua sensor (LDR dan ADXL335) serta aktuator (lampu, speaker, dan solenoid door lock) terhubung dengan ESP32.

2.4. LCD

LCD (Liquid Crystal Display) adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan fiber bening dengan sebuah elektroda transparan indium oksida dengan bentuk tampilan seven segment dan lapisan elektroda pada kaca bagian belakang, disaat elektroda diaktifkan menggunakan medan listrik, molekul organik yang panjang dan silinder menyesuaikan diri dengan elektrodadari segment [9]. Pada penelitian ini LCD berfungsi sebagai tampilan informasi penting sebagai notifikasi peringatan gempa.

2.5. Speaker

Speaker adalah transduser yang mengubah sinyal elektrik ke frekuensi audio dengan menggetarkan membran untuk menggetarkan udara sehingga terjadi gelombang suara [10]. Dalam sistem pendeteksi gempa, speaker digunakan untuk mengeluarkan peringatan suara atau alarm sebagai bentuk notifikasi. Pada sistem smart home ini, speaker digunakan sebagai sirine peringatan ketika sensor pendeteksi gempa (ADXL335) mendeteksi getaran dengan magnitudo tertentu. Bunyi peringatan dari speaker diharapkan mampu memberikan notifikasi cepat kepada pengguna.

2.6. Solenoid Door Lock

Solenoid door lock adalah perangkat elektromagnetik yang menghasilkan gerakan linier saat diaktifkan oleh arus listrik [8]. Pada sistem smart home, solenoid door lock biasanya dikendalikan oleh mikrokontroler melalui perantara 12 relay. Dalam penelitian ini, solenoid door lock akan terbuka secara otomatis ketika terjadi gempa dengan intensitas tertentu, sehingga memudahkan evakuasi penghuni rumah tanpa memerlukan interaksi manual.

2.7. Module DFPlayer Mini

Modul DFPlayer digunakan sebagai dekoder audio untuk mengubah file audio digital ke dalam suara [11]. Dapat memutar audio MP3 berukuran kecil yang dapat membaca file audio dari media penyimpanan seperti microSD. Pada penelitian ini, DFPlayer Mini dapat digunakan untuk memutar file suara peringatan darurat ketika gempa terdeteksi, sehingga informasi lebih jelas dan cepat tersampaikan.

2.8. LED 12V

LED (Light Emitting Diode) 12V adalah jenis lampu LED yang dirancang untuk bekerja pada tegangan 12 volt. Berbeda dengan LED biasa yang hanya membutuhkan tegangan

sekitar 2–3 volt. Lampu LED dipilih karena memiliki konsumsi daya yang rendah dibandingkan dengan lampu pijar atau lampu fluorescent [12]. Dalam sistem ini, LED 12V difungsikan sebagai indikator visual, misalnya sebagai lampu emergency yang otomatis menyala saat terjadi gempa dan sebagai pencahayaan ruangan pada prototype smart home.

2.9. LM2596

Modul Step Down atau penurun tegangan DC LM2596 ini akan menyelesaikan masalah perbedaan tegangan yang dibutuhkan dengan yang tersedia [13]. Digunakan untuk menurunkan tegangan input menjadi tegangan output yang lebih rendah dan stabil. Modul ini digunakan untuk menyediakan suplai tegangan yang sesuai bagi ESP32 dan komponen lainnya, terutama jika sistem mengambil daya dari sumber bertegangan lebih tinggi.

2.10. Relay

Relay adalah output yang dapat digunakan sebagai switch atau saklar untuk perangkat lain yang dikontrol dengan tegangan dari pin mikrokontroler sehingga dapat melakukan switch [8]. relay memungkinkan rangkaian arus kecil untuk mengontrol arus yang lebih besar, sehingga sangat berguna dalam mengatur aliran listrik ke perangkat seperti lampu dan kunci pintu otomatis. Dalam penelitian ini, relay digunakan untuk mengendalikan nyala atau mati lampu rumah sesuai perintah dari sensor LDR maupun smartphone serta dapat menyalakan lampu emergency dan membuka solenoid door lock saat terjadi gempa.

2.11. Sensor Akselerometer ADXL335

Akselerometer dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi sudut kemiringan serta mengukur percepatan dinamis yang timbul akibat gerakan, guncangan, maupun getaran. Akselerasi diukur dengan alat yang dikenal sebagai akselerometer, vibration (getaran), dan percepatan yang disebabkan oleh gravitasi (juga dikenal sebagai kemiringan), akselerasi adalah peningkatan kecepatan secara bertahap dari waktu ke waktu [14]. Dalam penelitian ini, sensor ADXL335 digunakan sebagai komponen utama untuk mendeteksi getaran yang menyerupai gempa bumi. Data percepatan pada sumbu X, Y, dan Z dianalisis untuk menentukan apakah terjadi getaran dengan intensitas signifikan.

2.12. Kabel Jumper

Kabel jumper adalah kabel kecil dengan pin header tertentu yang digunakan sebagai penghubung dalam rangkaian prototipe [15]. Kabel jumper menjadi komponen penting pada proses perakitan rangkaian elektronik karena memudahkan penghubungan antar komponen tanpa perlu melakukan solder permanen dan juga kabel ini dapat menghubungkan pin antar komponen agar sistem dapat bekerja dengan baik.

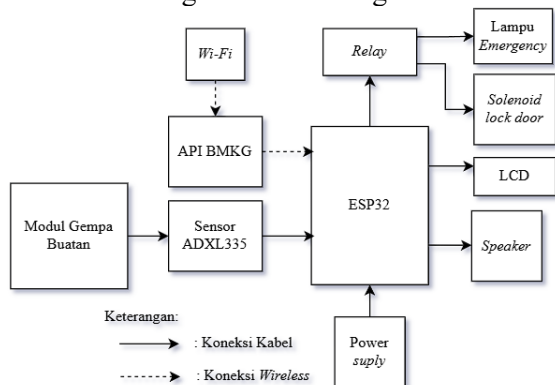
3. METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis Penelitian ini merupakan penelitian pembuatan atau pengembangan sistem yang akan meneliti smart home yang dapat terintegrasi dengan sistem pendeteksi gempa. Penelitian ini berfokus pada pengembangan memberikan peringatan dini, membuka pintu keluar secara otomatis, mengaktifkan lampu penerangan, dan mengatur kondisi rumah guna memfasilitasi evakuasi penghuni dengan cepat dan aman.

3.2. Diagram Blok

Pada gambar 1 di bawah ini merupakan diagram blok sistem pendeteksi gempa terintegrasi dengan sistem smart home, berikut adalah gambar blok diagram sistem:



Gambar 1 Diagram Blok Sistem

Gambar di atas menunjukkan diagram blok sistem deteksi gempa yang terintegrasi secara *real-time* menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor ADXL335, serta koneksi data dari BMKG melalui API. Berikut adalah penjelasan dan alur kerja dari rancangan diagram blok sistem pendeteksi gempa dari penelitian yang ditunjukkan pada gambar 1, yaitu:

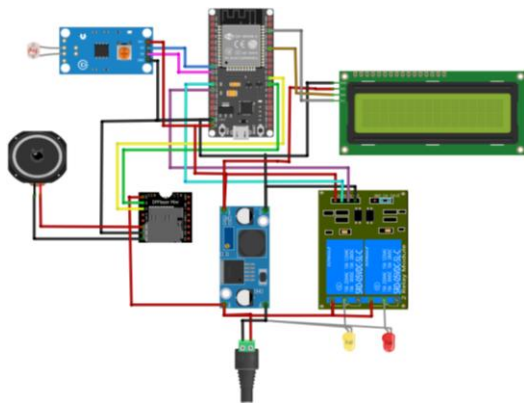
1. Modul gempa buatan digunakan sebagai alat bantu dalam menciptakan gempa buatan untuk prototipe sistem *smart home*

saat terjadi getaran dari modul gempa buatan. Getaran ini kemudian dideteksi oleh sensor sebagai input uji coba sistem.

2. Sensor ADXL335 digunakan untuk mengukur dan mendeteksi getaran dari modul gempa buatan. Sensor ini mengirimkan data analog ke ESP32 untuk diproses.
3. Mikrokontroler ESP32 digunakan untuk mengolah data untuk menjalankan perintah sesuai program yang telah dibuat. Mikrokontroler ini menerima data dari sensor untuk mengontrol berbagai perangkat *output* seperti *relay*, LCD, dan *speaker*.
4. LCD digunakan untuk menampilkan pembacaan sensor berupa satuan magnitudo, kekuatan gempa, status sistem, atau peringatan yang sedang berlangsung secara *real-time*.
5. *Speaker* digunakan sebagai sirine pemberitahuan gempa untuk memberitahukan pengguna, sehingga penghuni rumah dapat segera bersiap untuk evakuasi.
6. *Relay* digunakan untuk mengalirkan arus listrik pada lampu dan *solenoid door lock* sehingga ketika terdapat arus listrik yang mengalir maka lampu *emergency* menyala dan *solenoid door lock* terbuka.
7. Lampu *emergency* sebagai media penerangan otomatis saat sistem membaca adanya getaran gempa untuk mempermudah tindakan mitigasi.
8. *Solenoid door lock* membuka kunci otomatis saat sistem membaca adanya getaran gempa untuk mempermudah tindakan mitigasi.

3.3. Rangkaian Sistem

Berikut adalah rangkaian sistem pada alat Smart home Yang Terintegrasi Secara Real-Time Dengan Sistem Pendeteksi Gempa dan penjelasannya:



Gambar 2 Rangkaian Sistem

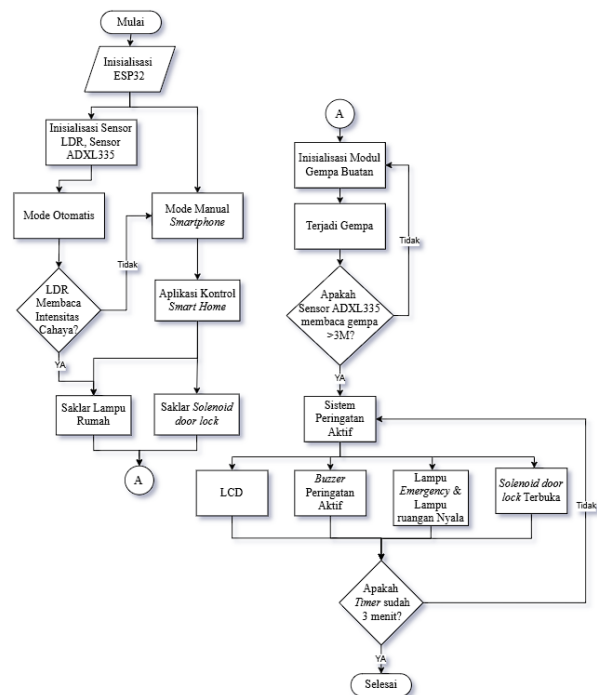
Berikut merupakan tabel penjelasan pin yang terhubung pada rangkaian sistem diatas

Tabel 2 Sambungan Pin

Nama Komponen	Pin Komponen	Pin ESP32
Relay	GND	GND
	Int1	D22
	Int2	D13
DF Player mini	VCC	VCC
	GND	GND
	RX	D16
	TX	D17
LCD I2C	VCC	VCC
	GND	GND
	SCL	D19
	SDA	D18

3.4. Flowchart Sistem

Flowchart sistem merupakan representasi alur logika dari proses kerja sistem yang dirancang. Pada sistem *smart home* yang terintegrasi dengan pendeteksi gempa ini, *flowchart* digunakan untuk menggambarkan urutan proses, mulai dari pengambilan data getaran, hingga aktivasi perangkat-perangkat output seperti alarm, lampu darurat, pengunci pintu otomatis. Berikut adalah gambar *flowchart* sistem dari *smart home* yang terintegrasi oleh pendeteksi gempa:



Gambar 3 Flowchart Sistem

Flowchart pada gambar di atas menggambarkan alur kerja sistem *Smart Home* berbasis ESP32 yang terintegrasi secara *real-time* dengan sistem pendeteksi gempa, untuk mengontrol lampu rumah, pengunci pintu, dan memberikan peringatan darurat. Berikut merupakan penjelasan mengenai *flowchart* sistem pada gambar di atas:

1. Inisialisasi Sistem *Smart Home* (ESP32): Sistem dimulai dengan proses inisialisasi mikrokontroler ESP32 yang menjadi pusat pengendali *Smart Home*. Proses ini memastikan semua komponen sensor dan aktuator siap beroperasi.
2. Inisialisasi sensor LDR dan sensor ADXL335: memastikan sensor siap beroperasi, sensor LDR siap membaca intensitas cahaya dan sensor ADXL335 siap membaca getaran gempa.
3. Pemilihan Mode setelah inisialisasi, pengguna dapat memilih mode operasi:
4. Mode Otomatis: Sistem menggunakan sensor LDR (Light Dependent Resistor) untuk membaca intensitas cahaya lingkungan. Jika intensitas cahaya rendah, maka lampu rumah akan menyala secara otomatis. Jika intensitas cahaya tinggi, lampu akan tetap mati.
5. Mode Manual (*Smartphone*): Pengguna dapat mengontrol lampu dan pintu rumah

secara manual melalui aplikasi *Smart Home* di *smartphone*.

6. Kontrol Lampu dan Pintu Rumah: Baik melalui mode otomatis maupun manual, pengguna dapat mengaktifkan atau menonaktifkan saklar lampu rumah dan saklar *solenoid* pintu (*door lock*) sesuai kebutuhan.
7. Inisialisasi Modul Gempa Buatan: Setelah pengaturan *Smart Home*, sistem masuk ke tahap pendeteksi gempa. Sensor pendeteksi gempa dengan menggunakan modul gempa buatan yang telah dirancang dan secara terus menerus memantau kondisi lingkungan.
8. Deteksi Gempa: Jika tidak terdeteksi gempa, sistem tetap berada dalam mode monitoring. Jika terdeteksi adanya gempa, sistem akan memicu sistem peringatan darurat.
9. Aktivasi Sistem Peringatan: Saat sistem mendeteksi gempa, beberapa aksi dilakukan secara otomatis: Notifikasi ditampilkan pada LCD, sebagai pemberitahuan visual, *Speaker* mengeluarkan suara peringatan, untuk memberikan alarm kepada penghuni rumah, Lampu *emergency* dinyalakan untuk memastikan pencahayaan darurat, Kunci pintu otomatis terbuka untuk memudahkan jalur evakuasi.
10. *Timer*: sebagai waktu sistem peringatan gempa aktif, jika waktu belum menunjukkan 3 menit sistem peringatan akan aktif, dan jika sudah melewati 3 menit sistem peringatan otomatis mati dan tetap memantau kondisi.

3.5. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan berfungsi untuk mendukung proses pengukuran, penghubungan komponen, serta pemrograman mikrokontroler. Adapun daftar alat dan fungsinya dapat ditunjukkan pada Tabel 3:

Tabel 3 Alat dan Bahan

No	Nama Alat	Keterangan
1	Multimeter	Sebagai alat ukur tegangan
2	Kabel <i>Jumper</i>	Sebagai penghubung antara alat dan bahan
3	Kabel USB serial	Sebagai penghubung <i>laptop</i> dengan ESP32

No	Nama Alat	Keterangan
4	<i>Laptop</i>	Sebagai <i>device</i> pemrograman

Selain alat, penelitian ini juga menggunakan perangkat keras yang berperan langsung dalam implementasi dan pengujian sistem *smart home*. Perangkat keras tersebut terdiri dari sensor, aktuator, dan modul kendali. Daftar perangkat keras yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 4:

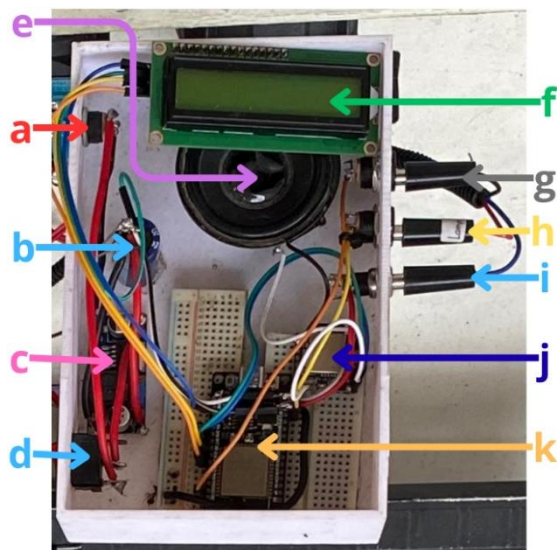
Tabel 4 Perangkat Keras

No	Perangkat	Keterangan
1	Modul Sensor	Berfungsi untuk mendeteksi gelombang seismik
2	Switch on/off	Berfungsi untuk menyalakan dan mematikan sistem
3	ESP32	Mikrokontroler pada sistem
4	ADXL335	Sensor akselerometer untuk mendeteksi getaran gempa
5	LCD	Sebagai informasi pembacaan gempa
6	LED	Sebagai indikator lampu rumah
7	<i>Speaker</i>	Sebagai sirine <i>buzzer</i> penanda terjadi gempa
8	<i>Solenoid door lock</i>	Sebagai kunci pintu otomatis

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Rangkaian

Pada tahap ini desain yang telah dibuat dirangkai sesuai dengan pin dan jalur yang sudah ditentukan saat awal perancangan sistem ini dibuat. Berikut merupakan hasil rangkaian komponen yang akan digunakan untuk memonitor gempa pada sistem *smart home*:

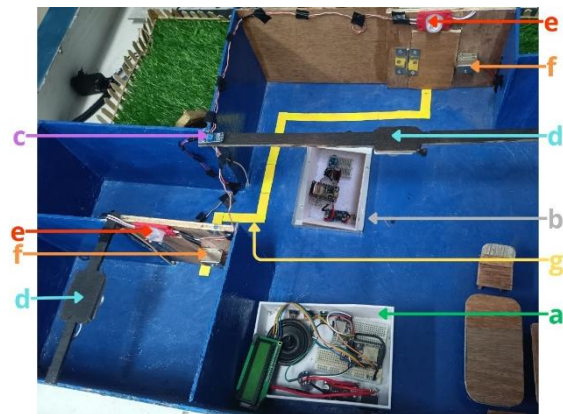
Gambar 4 Hasil Rangkaian *Monitoring*

Pada gambar 4, dapat dilihat semua komponen terhubung dengan mikrokontroler ESP32 karena ESP32 berfungsi sebagai pusat pemrosesan data untuk dapat diolah dan melakukan perintah sesuai program yang telah dibuat. Berikut adalah keterangan pada gambar di atas diantaranya yaitu:

- a. Input daya 12V
- b. Elektrolit Capasitor
- c. *Stepdown* LM2596
- d. Switch on/off
- e. Speaker
- f. LCD
- g. Relay lampu ke pin ESP32
- h. Relay pengunci pintu ke ESP32
- i. Ground relay
- j. Modul DF Player mini
- k. Mikrokontroler ESP32

4.2. Perakitan Pada Prototype rumah

Perakitan pada prototype rumah untuk simulasi gempa. Lampu ruangan diletakkan di ruang tamu dan kamar, lampu emergency dipasang di atas pintu keluar, dan solenoid door lock diletakkan pada pintu rumah dan pintu kamar. Berikut merupakan hasil dari prototype smart home yang terintegrasi dengan sistem pendeteksi gempa dapat dilihat pada gambar 5:



Gambar 5 Hasil Prototype rumah

Berikut adalah penjelasan keterangan pada protipe rumah pintar:

- a. Untuk memonitor peringatan gempa yang dapat dilihat pada LCD, serta dapat mengeluarkan suara peringatan gempa.
- b. Pendeteksi gempa berupa sensor ADXL335.
- c. Sensor LDR sebagai kontrol otomatis lampu ruangan yang letaknya berada di atas *prototype smart home*.
- d. Lampu ruangan sebagai penerangan ruangan.
- e. Lampu *emergency* untuk mengetahui jalur keluar mitigasi.
- f. Pintu yang terdapat kunci pintu otomatis untuk memudahkan tindakan mitigasi.
- g. Jalur kuning berupa jalur menuju keluar untuk melakukan tindakan mitigasi.

4.3. Hasil Software

Hasil perangkat lunak dilakukan untuk memastikan bahwa sistem *smart home* yang dirancang dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi yang telah ditetapkan. *Software* pada *smartphone* digunakan sebagai kontrol lampu ruangan dan pengunci pintu melalui *smartphone*, Berikut adalah gambar dari hasil *software smart home*:



Gambar 6 Hasil Software

Berikut merupakan penjelasan dari *software smart home*:

- Menu kontrol *smart home* yang terdapat pada aplikasi *sevetion earthquake mobile*.
- Kontrol manual *on/off* lampu ruangan.
- Kontrol manual buka/kunci pengunci pintu.
- Mode kontrol otomatis lampu ruangan menggunakan sensor LDR.
- Informasi ketika menggunakan mode otomatis maka kontrol lampu manual akan dinonaktifkan.
- Informasi bahwa sistem sudah/belum terhubung ke *firebase*.

4.4. Hasil Uji Sensor ADXL335

Pengujian sensor dilakukan untuk memastikan bahwa sensor pada sistem *smart*

home bekerja sesuai dengan fungsinya sebagai pendeteksi gempa.

Pada sistem pendeteksi gempa menggunakan sensor ADXL335. Akurasi sensor ADXL335 menggunakan pembanding sensor akselero pada *smartphone*. Dengan mengamati satuan percepatan gravitasi yang terdapat pada sensor ADXL335, Maka didapatkan perbandingan antara sensor ADXL335 dan *smartphone* pada tabel di bawah ini:

Tabel 5 Akurasi Sensor ADXL335

Sumbu	ADXL335	Smartphone	Selisih	Error	Akurasi
X+	1,05	1,24	0,19	15,32%	84,68%
	0,99	1,20	0,21	17,50%	82,50%
	1,22	1,45	0,23	15,86%	84,14%
Rata-rata			0,21	16,22%	83,77%
X-	-1,29	-1,41	0,12	08,51%	91,49%
	-1,31	-1,52	0,21	13,82%	86,18%
	-1,29	-1,49	0,20	13,42%	86,58%
Rata-rata			0,17	11,91%	88,08%
Y+	1,09	1,31	0,22	16,79%	83,21%
	1,13	1,35	0,21	16,30%	83,70%
	1,28	1,43	0,15	10,49%	89,51%
Rata-rata			0,19	14,52%	85,47%
Y-	-1,12	-1,26	0,13	11,11%	88,89%
	-1,13	-1,34	0,21	15,67%	84,33%
	-1,1	-1,21	0,11	09,09%	90,91%
Rata-rata			0,15	11,95%	88,04%
Z+	1,18	1,31	0,13	09,92%	90,08%
	1,24	1,4	0,16	11,43%	88,57%
	1,28	1,39	0,11	07,91%	92,09%
Rata-rata			0,13	09,75%	90,24%
Z-	-1,17	-1,41	0,24	17,02%	82,98%
	-1,08	-1,53	0,45	29,41%	70,59%
	-1,39	-1,53	0,14	09,15%	90,85%
Rata-rata			0,27	18,52%	81,47%

Pengujian dilakukan untuk membandingkan hasil pembacaan sensor ADXL335 terhadap data akselerasi dari *smartphone* pada enam arah sumbu (X+, X-, Y+, Y-, Z+, Z-). Setiap arah diuji sebanyak tiga kali percobaan, kemudian dihitung nilai selisih, persentase error, dan akurasi. Pada sumbu (X+) mendapatkan hasil nilai rata-rata selisih sebesar 0,21, dengan error 16,22% dan akurasi 83,77%. Pada sumbu (X-) mendapatkan hasil nilai rata-rata selisih sebesar 0,17, dengan error 11,91% dan akurasi 88,08%. Pada sumbu (Y+) mendapatkan hasil nilai rata-rata selisih 0,19, dengan error 14,52% dan akurasi 85,47%. Pada sumbu (Y-) mendapatkan

hasil nilai rata-rata selisih sebesar 0,15, dengan eror 11,95% dan akurasi 88,04%. Pada sumbu (Z+) mendapatkan hasil nilai rata-rata selisih 0,13, dengan eror 9,75% dan akurasi 90,24%. Pada sumbu (Z-) mendapatkan hasil nilai rata-rata selisih 0,27, dengan eror 18,52% dan akurasi 81,47%.

4.5. Hasil Uji *Smart Home*

Pengujian ini meliputi pengendalian perangkat melalui *smartphone*, termasuk kontrol lampu ruangan dan sistem kunci pintu (*door lock*). Tujuan pengujian ini adalah memverifikasi bahwa perintah dari aplikasi pada *smartphone* dapat diterjemahkan dengan benar oleh mikrokontroler untuk mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat.

4.5.1. Pengujian Lampu Ruangan

Pengujian kontrol lampu ruangan dilakukan dengan memberikan perintah melalui *smartphone* untuk menghidupkan atau mematikan lampu ruangan. Data hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 6:

Tabel 6 Hasil Uji Lampu Ruangan

Smartphone	Lampu ruangan	Keterangan
		Berhasil
		Berhasil

Berdasarkan Tabel 6, dapat disimpulkan bahwa sistem dapat mengontrol lampu ruangan dengan baik. Ketika perintah "on" dikirimkan dari *smartphone*, lampu menyala, sedangkan perintah "off" membuat lampu ruangan mati. Hasil ini menunjukkan bahwa komunikasi antara aplikasi pada *smartphone* dengan mikrokontroler berjalan dengan baik tanpa keterlambatan yang signifikan.

4.5.2. Pengujian *Door Lock*

Pengujian pada fitur *door lock* bertujuan untuk memastikan bahwa kunci pintu dapat terbuka atau terkunci sesuai dengan perintah yang dikirimkan melalui aplikasi pada *smartphone*. Hasil pengujian *door lock* dapat dilihat pada tabel 7:

Tabel 7 Hasil Uji *Door Lock*

Smartphone	Door Lock	Keterangan
		Berhasil
		Berhasil

Berdasarkan Tabel 4.4, sistem berhasil mengontrol kunci pintu dengan baik. Perintah "on" dari *smartphone* membuat kunci pintu terkunci, sedangkan perintah "off" membuat pintu terbuka. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak dalam fitur *door lock* sudah bekerja sesuai rancangan.

4.6. Hasil Uji Aktuator Peringatan Gempa

Pada percobaan ini dilakukan untuk mengetahui aktuator berupa LCD, *speaker*, lampu emergency, dan solenoid *door lock* dapat berfungsi sebagai pendeteksi gempa sebagaimana kehendak sistem yang telah dirancang.

4.6.1. Hasil Uji LCD

Pengujian LCD dilakukan untuk mengetahui apakah aktuator dapat berfungsi secara tepat, baik dalam kondisi normal maupun kondisi terjadi gempa. Berikut hasil pengujian pada LCD:

Tabel 8 Hasil Uji LCD

Kondisi	Output LCD	Keterangan
Normal		Berhasil
Gempa kecil		Berhasil
Gempa sedang		Berhasil
Gempa kuat		Berhasil

4.6.2. Hasil Uji *Speaker*

Pengujian speaker dilakukan untuk mengetahui apakah aktuator speaker berfungsi secara tepat, baik dalam kondisi normal maupun kondisi terjadi gempa. Berikut hasil pengujian speaker:

Tabel 9 Hasil Uji *Speaker*

Kondisi	Output Suara	Ket
Normal	<i>Speaker</i> tidak mengeluarkan suara	Berhasil
Gempa kecil	<i>Speaker</i> aktif dengan mengeluarkan suara "Getaran terdeteksi kemungkinan dampak masih bisa di toleransi."	Berhasil
Gempa sedang	<i>Speaker</i> aktif dengan mengeluarkan suara "Getaran terdeteksi kuat dampak bisa menggerakkan benda kecil bahkan bisa merobohkan bangunan tua, lebih baik untuk melakukan langkah mitigasi bencana."	Berhasil

4.6.3. Hasil Uji Lampu *Emergency*

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa lampu emergency menyala secara otomatis saat terjadi gempa dan tetap mati dalam kondisi normal. Berikut hasil dari pengujian lampu emergency:

Tabel 10 Hasil Uji Lampu Emergency

Kondisi	Output	Ket
Normal dan Gempa kecil		Berhasil
Gempa sedang dan kuat		Berhasil

Pada hasil uji di atas mendapatkan hasil bahwa lampu *emergency* tidak aktif saat kondisi normal dan terjadi gempa kecil karena gempa tidak berbahaya maka tidak akan memerlukan tindakan evakuasi. Lampu *emergency* akan aktif saat terjadi gempa sedang dan kuat untuk melakukan tindakan evakuasi menuju ke arah lampu *emergency* yang terpasang di atas pintu menuju keluar.

4.6.4. Hasil Uji *Door Lock*

Pengujian *solenoid door lock* dilakukan untuk memastikan bahwa pintu dapat terkunci secara otomatis dalam kondisi normal dan terbuka otomatis ketika terjadi gempa. Berikut hasil pengujian *solenoid door lock*:

Tabel 11 Hasil Uji *Door Lock*

Kondisi	Output	Ket
Normal sampai gempa sedang		Berhasil
Gempa kuat		Berhasil

Pada hasil uji di atas mendapatkan hasil bahwa pada saat kondisi normal sampai gempa *sedang solenoid door lock* masih terkunci dikarenakan belum membutuhkan evakuasi cepat saat terjadi gempa. Sedangkan pada saat kondisi gempa kuat *solenoid door lock* terbuka dikarenakan saat terjadi gempa kuat membutuhkan evakuasi cepat untuk keselamatan penghuni.

4.7. Pengujian Sistem

Pada percobaan aktuator, dilakukan serangkaian uji coba untuk mengevaluasi bagaimana sistem smart home merespons getaran buatan yang merepresentasikan kejadian gempa dengan berbagai tingkat magnitudo.

4.7.1. Pengujian Pendeteksi Gempa

Percobaan dengan memberikan getaran buatan dengan kekuatan yang berbeda beda untuk mendapatkan keakuratan aktuator. Tujuan dari pengujian ini adalah dapat mengetahui seberapa akurat sistem saat

mendeteksi getaran dari modul gempa buatan, maka diperoleh data pada tabel di bawah ini:

Tabel 12 Uji Coba Pendeteksi Gempa

Uji	LCD	Suara	Lampu Darurat	Pintu
1	3,2 M	Aktif	Mati	Terkunci
2	3,5 M	Aktif	Mati	Terkunci
3	3,8 M	Aktif	Mati	Terkunci
4	4,2 M	Aktif	Nyala	Terkunci
5	4,3 M	Aktif	Nyala	Terkunci
6	4,5 M	Aktif	Nyala	Terkunci
7	4,6 M	Aktif	Nyala	Terkunci
8	4,8 M	Aktif	Nyala	Terkunci
9	5,2 M	Aktif	Nyala	Terbuka
10	5,3 M	Aktif	Nyala	Terbuka
11	5,5 M	Aktif	Nyala	Terbuka
12	5,6 M	Aktif	Nyala	Terbuka
13	5,8 M	Aktif	Nyala	Terbuka
14	6,0 M	Aktif	Nyala	Terbuka

Pada percobaan di atas mendapatkan hasil yang akurat, aktuator aktif sesuai dengan kekuatan gempa. Pada percobaan nomor 1 sampai 3 mendapatkan hasil hanya LCD dan suara yang aktif menampilkan status gempa dan pemberitahuan melalui suara sedangkan, lampu *emergency*, dan pengunci pintu tetap dalam keadaan normal. Pada saat percobaan nomor 4 sampai 8 mendapatkan hasil sistem mengaktifkan LCD, sirine peringatan, dan lampu *emergency*, namun pintu tetap terkunci sebagai langkah siaga tanpa evakuasi langsung. Saat percobaan nomor 9 sampai 14 mendapatkan hasil sistem mengaktifkan semua aktuator, termasuk membuka kunci pintu secara otomatis guna memfasilitasi evakuasi.

4.7.2. Percobaan Respon Time

Percobaan *respon time* pada sistem pendeteksi gempa bertujuan untuk mengukur seberapa cepat sistem *smart home* bereaksi terhadap getaran gempa buatan yang baca oleh sensor ADXL335 hingga sistem pendeteksi gempa aktif. Pengujian respon waktu dilakukan dengan membandingkan kinerja sistem pada dua kondisi jaringan, yaitu saat kualitas sinyal internet berada dalam keadaan baik dan buruk. Penentuan kualitas sinyal didasarkan pada parameter nilai *ping*, yang merupakan instrumen dalam jaringan komputer untuk mengukur tingkat keterlambatan komunikasi antara dua perangkat. Nilai *ping* dinyatakan dalam satuan milidetik (ms), di mana semakin kecil nilai

ping yang dihasilkan, maka kualitas koneksi jaringan dianggap semakin baik dan responsif terhadap pertukaran data. Berikut merupakan hasil uji respon waktu didapatkan hasil pada tabel di bawah ini:

Tabel 13 *Respon Time* Kondisi Sinyal Baik

Uji	Sensor ADXL 335	Sistem Peringatan	Respon time	Jaringan Internet
1	3,3 M	Aktif	5,05 detik	10ms – 30ms
2	3,7 M	Aktif	4,44 detik	
3	3,9 M	Aktif	5,21 detik	
4	4,2 M	Aktif	5,43 detik	
5	4,5 M	Aktif	5,14 detik	
6	4,8 M	Aktif	5,78 detik	
7	5,2 M	Aktif	4,96 detik	
8	5,8 M	Aktif	5,82 detik	

Pada percobaan *respon time* aktuator saat status sinyal baik mendapatkan rata-rata waktu respon 5,22 detik.

Tabel 14 *Respon Time* Kondisi sinyal Buruk

Uji	Sensor ADXL 335	Sistem Peringatan	Respon time	Jaringan Internet
1	3,2 M	Aktif	8,21 detik	31ms – 99ms
2	3,4 M	Aktif	9,38 detik	
3	4,4 M	Aktif	8,92 detik	
4	4,8 M	Aktif	8,79 detik	
5	5,3 M	Aktif	8,27 detik	
6	5,7 M	Aktif	9,07 detik	

Pada percobaan *respon time* aktuator saat status sinyal agak buruk mendapatkan rata-rata waktu respon 8,77 detik.

4.8. Analisis Data

Pada pengujian yang telah dilakukan pada tabel 5 merupakan membandingkan hasil pembacaan sensor ADXL335 dengan data akselerasi dari smartphone pada enam arah sumbu yang berbeda-beda. kemudian dihitung nilai selisih, persentase error, dan akurasi.

1. Pada sumbu (X+) mendapatkan hasil nilai rata-rata selisih sebesar 0,21, dengan error 16,22% dan akurasi 83,77%. Persentase error tergolong sedang, menunjukkan bahwa sensor cukup akurat meskipun terdapat penyimpangan nilai.
2. Pada sumbu (X-) mendapatkan hasil nilai rata-rata selisih sebesar 0,17, dengan error 11,91% dan akurasi 88,08%. Persentase error lebih rendah dari X+, menunjukkan kestabilan sensor dalam membaca akselerasi negatif pada sumbu X.
3. Pada sumbu (Y+) mendapatkan hasil nilai rata-rata selisih 0,19, dengan error 14,52% dan akurasi 85,47%. Tingkat akurasi tergolong baik meskipun ada perbedaan antara data sensor dan smartphone.
4. Pada sumbu (Y-) mendapatkan hasil nilai rata-rata selisih sebesar 0,15, dengan error 11,95% dan akurasi 88,04%. Ini menunjukkan bahwa pembacaan sensor pada arah negatif sumbu Y cukup presisi.
5. Pada sumbu (Z+) mendapatkan hasil nilai rata-rata selisih 0,13, dengan error 9,75% dan akurasi 90,24%, menjadikan arah (Z+) sebagai yang paling akurat di antara keenam pengukuran yang telah dilakukan.
6. Pada sumbu (Z-) mendapatkan hasil nilai rata-rata selisih 0,27, dengan error 18,52% dan akurasi 81,47%. Sumbu (Z-) memiliki tingkat kesalahan tertinggi, terutama karena adanya nilai ekstrim pada salah satu data uji.

Meskipun terdapat perbedaan kecil antara data sensor ADXL335 dan *smartphone*, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ADXL335 memiliki tingkat akurasi yang cukup baik untuk mendeteksi getaran atau perubahan percepatan. Secara keseluruhan, sensor ADXL335 dapat diandalkan untuk mendeteksi gempa dalam sistem smart home, karena mampu memberikan informasi perubahan percepatan dengan tingkat kesalahan yang masih dapat ditoleransi untuk kebutuhan aplikasi peringatan gempa.

Pada pengujian sistem pendeteksi gempa pada tabel 12, diperoleh hasil bahwa semakin besar magnitudo gempa yang dideteksi, semakin banyak aktuator yang aktif. Sistem akan terus melakukan pemantauan terhadap sensor ADXL335 secara *real-time*.

1. Ketika tidak terjadi gempa tampilan pada LCD akan menunjukkan status “Normal” sebagai indikator bahwa lingkungan berada dalam kondisi stabil.
2. Pengujian ketika terjadi gempa dengan magnitudo rendah (3,2 M – 3,8 M) hanya mengaktifkan LCD dengan menunjukkan status “Terasa” dan *speaker* aktif sebagai indikasi peringatan dini.
3. Ketika terjadi gempa dengan magnitudo sedang (4,2 M – 4,8 M) selain LCD dan *speaker*, lampu *emergency* juga aktif untuk memberikan jalur evakuasi ke pintu keluar, namun pintu masih dalam kondisi terkunci sebagai langkah antisipasi awal tanpa evakuasi.
4. Ketika terjadi gempa pada magnitudo tinggi (5,2 M – 6,0 M), semua aktuator termasuk *solenoid door lock* aktif membuka secara otomatis untuk mempercepat proses evakuasi.

Dari percobaan waktu respon aktuator pada tabel 13 dan tabel 14 Pada percobaan kondisi sinyal baik dengan kualitas jaringan internet 10ms – 30ms, didapatkan rata-rata waktu respon sebesar 5,22 detik. Sebaliknya, pada kondisi sinyal buruk dengan kualitas jaringan internet 31ms – 100ms mendapatkan rata-rata waktu respon meningkat menjadi 8,77 detik. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi sinyal secara signifikan mempengaruhi kecepatan sistem *smart home* dalam merespon gempa. Secara keseluruhan sistem pendeteksi gempa pada *smart home* ini mampu berfungsi dalam mengaktifkan sistem peringatan gempa meskipun dalam kondisi jaringan yang kurang baik. Dengan demikian, sistem ini dinilai sudah cukup layak digunakan dalam lingkungan dengan kualitas jaringan internet minimal 10ms – 30ms untuk menghasilkan respon waktu yang optimal dalam peringatan dini gempa bumi.

5. KESIMPULAN

Pada hasil dan pengujian yang dilakukan sistem *smart home* yang terintegrasi dengan sistem pendeteksi gempa di atas, dapat di ambil beberapa kesimpulan yaitu:

- a. Sistem *smart home* berbasis ESP32 berhasil diimplementasikan untuk mengontrol perangkat seperti lampu ruangan dan kunci pintu secara otomatis maupun manual melalui *smartphone* menggunakan jaringan IoT.
- b. Dari pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pendeteksi gempa pada *smart home* yang dirancang dapat bekerja dengan baik dan efektif dalam merespon kejadian gempa dengan berbagai tingkat magnitudo. Sistem ini memberikan peringatan dini berupa keluaran suara pada *speaker* serta menampilkan informasi kekuatan gempa secara *real-time* pada layar LCD.
- c. Sensor LDR mampu bekerja dengan baik sebagai pendeteksi kondisi terang dan gelap untuk otomatisasi lampu ruangan, dan dapat dikontrol manual melalui *smartphone* menggunakan jaringan IoT.
- d. Sistem *smart home* yang telah dibuat dapat bekerja secara *real-time* dan dapat bekerja dengan baik menggunakan beberapa komponen diantaranya yaitu sensor ADXL335 sebagai sistem pendeteksi gempa dan terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Rata-rata keseluruhan akurasi pada sensor ADXL335 dari seluruh pengukuran adalah 86,68%, dengan rata-rata error sebesar 13,32%, yang masih berada dalam batas toleransi pada sensor untuk menjadikan sistem deteksi getaran gempa yang terdapat pada penelitian ini.
- e. Aktuator yang digunakan mampu beroperasi sesuai dengan desain sistem dan memiliki respon yang cukup cepat, khususnya dalam kondisi sinyal yang baik. Hasil percobaan *real-time* dapat disimpulkan bahwa aktuator dapat aktif secara *real-time* dengan rata-rata waktu 1,67 saat sinyal bagus dengan kualitas jaringan internet 10ms – 30ms, sedangkan saat sinyal buruk dengan kualitas jaringan internet 31ms – 100ms mendapatkan rata-rata 4,41 detik

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. H. Natawidjaja, *Riset Sesar Aktif Indonesia dan Peranannya dalam Mitigasi Bencana Gempa dan Tsunami*. Penerbit BRIN, 2021. doi: 10.14203/press.400.
- [2] C. K. Ardhi, "PERANCANGAN ALAT PENDETEKSI GEMPA MENGGUNAKAN SENSOR ACCELEROMETER DAN SENSOR GETAR," *E-Proceeding Eng.*, vol. 5, no. 3, 2018.
- [3] R. R. Wijayanti, R. S. Septarini, S. M. Husain, and A. Abdurrasyid, "PERANCANGAN SISTEM RUMAH PINTAR UNTUK MENINGKATKAN KEAMANAN PENGHUNI RUMAH," *Pros. Simp. Nas. Multidisiplin SinaMu*, vol. 1, Aug. 2019, doi: 10.31000/sinamu.v1i0.2148.
- [4] S. Y. O. Viandra and J. Maulindar, "RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI DINI GEMPA BUMI MENGGUNAKAN MODUL NODEMCU BERBASIS IOT," vol. 04, no. 02, 2024.
- [5] A. M. Nur, "GEMPA BUMI, TSUNAMI DAN MITIGASINYA," vol. 7, no. 1, 2010.
- [6] D. Sungkawa, "DAMPAK GEMPA BUMI TERHADAP LINGKUNGAN HIDUP," *J. Geogr. Gea*, vol. 7, no. 1, Mar. 2016, doi: 10.17509/gea.v7i1.1706.
- [7] Y. Tambing, "PROTOTYPE SISTEM KONTROL LAMPU BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN NODEMCU," *J. Inform. Dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3702.
- [8] A. Jefiza *et al.*, "Smart home: Pintu Otomatis Berbasis Voice Recognition," *J. INTEGRASI*, vol. 16, no. 1, pp. 62–67, Mar. 2024, doi: 10.30871/ji.v16i1.7400.
- [9] K. Anam, "Smart Home Pengendali Lampu Rumah Berbasis SMS Gateway dan Arduino Menggunakan Smartphone Android," *J. Ilm. Inform.*, vol. 5, no. 2, pp. 122–132, Dec. 2020, doi: 10.35316/jimi.v5i2.945.
- [10] S. Priyambodo, S. Hani*, and S. Kusuma Dewi, "MAJALAH DINDING ELEKTRONIK DENGAN AUDIO AMPLIFIER MENGGUNAKAN IC LM386 UNTUK PENYANDANG TUNANETRA," *Pros. SNAST*, pp. A18-25, Nov. 2022, doi: 10.34151/prosidingsnast.v8i1.4099.
- [11] M. H. Wiwi, "Rancang Bangun Alat Pembuangan Sampah Otomatis berbasis Mikrokontroler Arduino menggunakan sensor Ultrasonic," vol. 1, no. 2, 2022.
- [12] A. M. Saprizal, G. Amori, and N. Annisa, "DESAIN IMPLEMENTASI IOT UNTUK MENYALAKAN LAMPU SECARA

OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR CAHAYA,” 2023.

- [13] M. Arif, “RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN PINTU RUMAH DENGAN IDENTIFIKASI WAJAH MENGGUNAKAN ESP32CAM BERBASIS IoT,” vol. 21, no. 2, 2024.
- [14] A. B. Siregar, E. Ezwarsyah, H. M. Yusdartono, and F. A. Nasution, “RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN GEMPA MENGGUNAKAN SENSOR ADXL 345 BERBASIS LORA DENGAN ESP 32,” *J. Energi Elektr.*, vol. 11, no. 2, p. 8, Oct. 2022, doi: 10.29103/jee.v11i2.10066.
- [15] I. K. Wijayanti, Nurchim, and J. Maulindar, “PERANCANGAN SMART HOME JEMURAN OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS,” *INFOTECH J.*, vol. 9, no. 1, pp. 183–189, May 2023, doi: 10.31949/infotech.v9i1.5344.