



**INOVASI PROTEKSI BANGUNAN:
PROTOTIPE ROBOT PENDETEKSI GETARAN GEMPA PADA BANGUNAN**

Fatih Aditya Hito, Gusti Agna Kanz

Mohammad Fatchurrohman, Try Suprayo

MTsS Husnul Khotimah 2 Kuningan

Blok Karedok, Ds. Pancalang, Kec. Pancalang, Kab. Kuningan, Prov. Jawa Barat

robotikhk2@gmail.com

Abstrak - Bencana alam di Indonesia, khususnya gempa bumi, menjadi ancaman serius akibat posisi geografis negara ini di kawasan *Ring of Fire*. Penelitian ini bertujuan mengembangkan robot pendeteksi gempa sebagai solusi mitigasi bencana, menggunakan model ADDIE (*Analysis-Design-Development-Implementation-Evaluation*). Melalui analisis, teridentifikasi rendahnya kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana, dengan sekitar 65% merasakan pasrah saat bencana terjadi. Robot ini dirancang untuk mendeteksi getaran dan memberikan peringatan dini, sekaligus membuka jalur evakuasi secara otomatis. Pengembangan menggunakan sensor getaran, Arduino, dan komponen elektronik lainnya menunjukkan hasil yang efektif dalam mendeteksi getaran dengan akurasi tinggi. Hasil evaluasi dari ahli menunjukkan tingkat efektivitas dan kelayakan robot yang baik, dengan saran untuk pengembangan lebih lanjut agar mampu mendeteksi kedalaman pusat gempa. Penelitian ini menegaskan pentingnya teknologi dalam meningkatkan keselamatan masyarakat dan kesiapsiagaan menghadapi bencana alam, serta mendorong kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, dan sektor teknologi dalam menciptakan sistem tanggap bencana yang lebih baik.

Kata kunci : *Gempa Bumi, Robot Pendeteksi Gempa, Mitigasi Bencana*

A. Pendahuluan

Bencana alam merupakan fenomena yang terjadi akibat proses alami, seperti gempa bumi, tsunami, dan angin topan. Selain bencana yang bersumber dari fenomena alam, ada pula bencana yang disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti banjir, tanah longsor, serta pencemaran lingkungan. Di Indonesia, salah satu bencana yang paling sering terjadi adalah gempa bumi. Menurut Subagia *et al.* (2015), gempa bumi adalah peristiwa yang sulit diprediksi, baik dalam hal waktu maupun lokasi. Ketidakpastian ini disebabkan oleh kompleksitas proses geologis yang terjadi di dalam bumi, yang menyebabkan gempa sering terjadi tanpa ada peringatan sebelumnya. Dampak dari gempa bumi sering kali sangat merusak, menghancurkan infrastruktur, serta mengakibatkan hilangnya banyak nyawa. Astuti dan Hakim (2015) mencatat bahwa meskipun Indonesia mengalami guncangan gempa

hampir setiap hari, tidak semua guncangan dapat dirasakan oleh masyarakat, terutama yang memiliki magnitudo kecil dan berlokasi jauh dari pemukiman. Namun, ketika gempa terjadi di dekat daerah yang padat penduduk, maka akibatnya bisa sangat besar, menimbulkan kerusakan yang parah dan korban jiwa yang signifikan.



Gambar 1. *Ring of Fire*

Indonesia terletak di kawasan yang dikenal sebagai *Ring of Fire*, yang menjadikannya sangat rentan terhadap gempa bumi. Kawasan ini adalah area dengan aktivitas seismik tinggi akibat pergeseran dan pertemuan lempeng tektonik. Sebagai contoh, bencana besar yang terjadi di Aceh pada tahun 2004, di mana gempa berkekuatan antara 9.1 hingga 9.3 magnitudo menyebabkan tsunami dahsyat, menewaskan sekitar 230.000 orang dan menghancurkan banyak infrastruktur serta harta benda. Peristiwa ini dengan jelas menggambarkan betapa parahnya dampak dari gempa bumi, terutama ketika terjadi di kawasan yang padat penduduk. Mengingat posisi geologis Indonesia yang berada di jalur pegunungan aktif, frekuensi gempa bumi dan erupsi gunung berapi menjadi fenomena yang umum terjadi.

Salah satu tantangan terbesar dalam menghadapi gempa bumi adalah kurangnya kemampuan untuk memberikan peringatan dini kepada masyarakat. Tanpa adanya sistem peringatan yang efektif, masyarakat kesulitan untuk mempersiapkan diri atau melakukan

evakuasi sebelum gempa terjadi. Penelitian oleh Agustin (2014) menunjukkan bahwa sekitar 65% masyarakat merasa pasrah ketika menghadapi bencana alam, yang mencerminkan rendahnya tingkat kesiapan dan kesadaran masyarakat mengenai ancaman yang ada. Penelitian lain dilakukan oleh Agustini *et al.* (2020) menunjukkan bahwa kesiapan masyarakat dalam menghadapi bencana alam berada dalam kategori rendah hingga sedang. Meskipun pemerintah telah berupaya untuk meningkatkan kesadaran mengenai tanda-tanda peringatan gempa dan langkah-langkah yang perlu diambil, efektivitas upaya tersebut masih terbatas. Alat yang saat ini digunakan, seperti seismometer dan seismograf, tidak selalu cukup untuk memberikan peringatan dini yang memadai agar masyarakat dapat mempersiapkan diri atau melakukan evakuasi secara efisien.

Dalam menghadapi tantangan ini, teknologi modern dapat memberikan solusi yang signifikan untuk meningkatkan sistem peringatan dan mitigasi bencana. Mulyana dan Kharisman (2014) menyatakan bahwa penerapan teknologi, seperti penggunaan robot, dapat menjadi inovasi penting dalam penanganan bencana alam. Robot-robot ini dapat membantu dalam proses evakuasi di gedung-gedung saat gempa terjadi. Dengan kehadiran teknologi robot, diharapkan jumlah korban jiwa dapat berkurang melalui bantuan dalam proses evakuasi dan deteksi situasi berbahaya secara *real-time*. Salah satu solusi teknologi yang menjanjikan adalah penggunaan robot sebagai alat bantu evakuasi. Teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan keselamatan masyarakat dengan memberikan info peringatan kepada penghuni gedung melalui pengeras suara. Selain itu, sistem ini juga dapat dilengkapi dengan mekanisme untuk membuka semua pintu secara otomatis, pintu utama maupun pintu darurat sehingga jalur evakuasi dapat diakses dengan mudah dalam keadaan darurat.

Lebih lanjut, penerapan robot dalam proses evakuasi dapat memiliki banyak manfaat. Salah satunya yaitu robot dapat berfungsi sebagai alat komunikasi yang efektif, memberikan instruksi kepada penghuni gedung tentang langkah-langkah yang perlu diambil selama situasi darurat. Misalnya, robot dapat mengarahkan penghuni ke jalur evakuasi yang paling aman dan cepat, sehingga mengurangi kebingungan dan kepanikan yang sering terjadi di saat-saat kritis. Namun, tantangan juga ada dalam penerapan teknologi ini. Salah satu tantangan utama adalah biaya yang diperlukan untuk mengembangkan dan menerapkan teknologi robot ini di berbagai lokasi. Selain itu, perlu ada pelatihan bagi tim penyelamat dan masyarakat untuk memahami cara kerja robot dan cara memanfaatkannya secara maksimal. Selain itu, integrasi teknologi ini dengan sistem tanggap darurat yang sudah ada perlu diperhatikan agar respon terhadap bencana dapat dilakukan secara lebih efektif.

Dengan semua ini, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan menilai potensi teknologi robot dalam memberikan peringatan dini serta mendukung proses evakuasi selama bencana gempa bumi. Dengan memanfaatkan teknologi yang canggih dan terintegrasi, diharapkan kemampuan untuk merespons bencana dapat meningkat, sehingga dampak negatif dari gempa bumi dapat diminimalisir dan keselamatan masyarakat dapat terlindungi. Penelitian ini berfokus pada bagaimana teknologi dapat berperan dalam meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat menghadapi bencana, serta pentingnya kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, dan sektor teknologi untuk menciptakan sistem yang lebih efektif dalam mengurangi risiko dan dampak dari bencana alam yang semakin sering terjadi di Indonesia.

B. Kajian Teori dan Tinjauan Pustaka

1. Kajian Teori

a. Gempa Bumi

Gempa bumi adalah peristiwa alam yang terjadi ketika lapisan batuan di permukaan bumi bergerak atau berubah secara tiba-tiba. Fenomena ini umumnya disebabkan oleh aktivitas pergerakan lempengan tektonik yang saling bertabrakan atau menjauh satu sama lain. Menurut Utomo dan Purba (2019), gempa bumi merupakan hasil dari tekanan yang terakumulasi dalam lapisan-lapisan batuan, yang akhirnya menyebabkan terjadinya getaran hebat yang terasa di permukaan bumi. Suara *et al.* (2023) menggarisbawahi bahwa gempa merupakan getaran atau sentakan pada kerak bumi, sebagai manifestasi dari aktivitas geologis seperti tektonisme, vulkanisme, dan juga runtuh lokal.

Muliati (2022) membagi gempa ke dalam tiga kategori utama: gempa vulkanik, gempa tektonik, dan gempa runtuh. Gempa vulkanik dihasilkan oleh aktivitas vulkanik yang sering terjadi di daerah yang memiliki gunung berapi aktif. Sementara itu, gempa tektonik berkaitan dengan pergerakan lempeng-lempeng tektonik yang saling berinteraksi. Jenis gempa lainnya, yaitu gempa runtuh, biasanya terjadi akibat fenomena seperti tanah longsor atau keruntuhan gua, yang dapat menyebabkan getaran lokal.

Berdasarkan penjelasan ini, dapat disimpulkan bahwa gempa bumi adalah akibat dari perubahan mendadak pada lapisan batuan yang ada di dalam bumi. Hal ini menekankan pentingnya pengembangan alat atau robot yang dapat mendeteksi getaran yang dihasilkan oleh gempa bumi, sehingga dapat memberikan peringatan dini kepada

masyarakat. Dengan adanya sistem deteksi yang efisien, masyarakat dapat mengambil langkah-langkah penyelamatan yang diperlukan dengan lebih cepat.

b. Prosedur Menyelamatkan Diri Saat Gempa

Kurangnya pengetahuan masyarakat mengenai gempa bumi menjadi masalah serius. Ningsih *et al.* (2023) mencatat bahwa banyak orang yang belum mendapatkan sosialisasi yang memadai tentang cara menghadapi gempa dan prosedur evakuasi yang benar. Ketika gempa terjadi, kesigapan dalam mengambil tindakan penyelamatan sangatlah penting, karena dapat menyelamatkan nyawa. Safrina *et al.* (2015) menegaskan bahwa masyarakat perlu diberi informasi yang jelas tentang cara evakuasi, termasuk rute tercepat menuju tempat yang lebih aman.

Murtiadi *et al.* (2021) menambahkan bahwa evakuasi bisa dilakukan melalui berbagai sarana seperti tangga darurat dan pintu keluar. Untuk itu, sangat penting bagi masyarakat untuk mendapatkan informasi lengkap mengenai lokasi dan rute evakuasi, agar mereka dapat mengetahui langkah-langkah yang harus diambil saat terjadi gempa. Prosedur menyelamatkan diri harus dijelaskan secara terstruktur dan jelas agar masyarakat dapat mengikuti petunjuk dengan tepat dan cepat.

Robot yang dirancang untuk mendeteksi gempa bisa berfungsi sebagai alat bantu yang memberikan informasi tentang lokasi evakuasi secara *real-time*. Dengan demikian, ketika bencana terjadi, masyarakat dapat dengan cepat mengetahui jalan evakuasi tercepat dan teraman. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran dan kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana alam.

c. Prototipe

Prototipe merupakan representasi awal dari sistem yang sedang dikembangkan. Menurut Ramli *et al.* (2021), prototipe memberikan gambaran mengenai bagaimana sistem akan beroperasi di dunia nyata. Kurniati (2021) juga menyatakan bahwa prototipe membantu pengembang untuk memodelkan perangkat yang akan dibuat, sehingga mereka bisa menguji ide sebelum produk akhir diluncurkan. Penjelasan dari Fridayanthie *et al.* (2021) menambahkan bahwa prototipe berfungsi untuk mendemonstrasikan ide serta mengidentifikasi masalah yang mungkin timbul, serta mencari solusi untuk permasalahan tersebut.

Dari penjelasan tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa prototipe menjadi alat yang sangat penting bagi pengembang dan pengguna untuk memahami cara kerja sistem yang akan diterapkan. Dalam konteks pengembangan robot yang dapat

mendeteksi gempa, prototipe diharapkan dapat berfungsi sebagai model yang efektif dalam menjelaskan fungsionalitas dan manfaat yang bisa diperoleh ketika robot tersebut diterapkan di lapangan. Prototipe robot ini diharapkan dapat berfungsi dengan baik dalam situasi nyata dan memberikan kontribusi signifikan dalam upaya mitigasi bencana.

d. Robot

Robot adalah perangkat mekanis yang dirancang untuk melakukan berbagai tugas fisik berdasarkan program atau kontrol dari manusia. Tobi (2015) menjelaskan bahwa robot mampu menyelesaikan berbagai tugas dengan menggunakan perangkat lunak yang telah diprogram sebelumnya. Dalam konteks yang lebih luas, Ramadhani *et al.* (2024) dan Osuagwu *et al.* (2021) mendefinisikan robot sebagai sistem yang dapat meniru perilaku manusia untuk menggantikan atau mempermudah aktivitas manusia sehari-hari.

Ada empat karakteristik dasar yang harus dimiliki oleh robot: sensor, kontrol, aktuator, dan sumber daya. Sensor berfungsi untuk mendeteksi lingkungan sekitar, sedangkan kontrol bertugas untuk memproses informasi yang diterima dari sensor. Aktuator kemudian melaksanakan perintah yang diberikan oleh kontrol. Dengan karakteristik ini, robot tidak hanya dapat melakukan tugas fisik, tetapi juga dapat beradaptasi untuk membantu menyelesaikan berbagai masalah.

Dalam konteks bencana alam seperti gempa bumi, robot dapat menjadi solusi yang efektif untuk membantu proses evakuasi. Dengan kemampuan untuk mendeteksi getaran dan memberikan informasi yang diperlukan kepada masyarakat, robot dapat berperan sebagai alat bantu yang vital saat bencana terjadi. Misalnya, robot dapat memberikan informasi tentang lokasi aman dan jalur evakuasi kepada penghuninya.

2. Tinjauan Pustaka

Dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan teknologi telah membawa perubahan signifikan di berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam bidang mitigasi bencana. Teknologi modern memungkinkan penyelesaian berbagai tugas dengan cepat dan akurat, yang sangat penting dalam situasi darurat. Salah satu penelitian yang relevan adalah yang dilakukan oleh Tritunggal *et al.* (2023), yang menunjukkan bahwa sistem deteksi gempa berbasis mikrokontroler Arduino bekerja dengan cara mendeteksi getaran yang terjadi dan memberikan perintah kepada aktuator untuk melakukan tindakan tertentu.

Alam *et al.* (2020) menekankan pentingnya penggunaan sensor getaran dalam mendeteksi gempa bumi, bahkan untuk getaran yang sangat kecil sekalipun. Penelitian lain oleh Siregar *et al.* (2022) menunjukkan bahwa sensor getaran dapat dihubungkan dengan *buzzer* untuk memberikan sinyal peringatan saat gempa terjadi. Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan hubungan antara robot pendeteksi getaran gempa dan komponen-komponen yang relevan, aplikasi robot tersebut seringkali masih terbatas pada penggunaan satu aktuator.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah pengetahuan yang ada dengan menggabungkan berbagai komponen yang diperlukan. Dengan mengembangkan robot yang tidak hanya dapat mendeteksi gempa tetapi juga memberikan peringatan untuk evakuasi, diharapkan robot ini dapat meningkatkan keselamatan masyarakat saat menghadapi bencana. Penggunaan teknologi dalam konteks ini tidak hanya penting untuk mendeteksi bencana tetapi juga dalam mengarahkan masyarakat ke tempat yang lebih aman.

Dengan memanfaatkan kemajuan teknologi, robot dapat dirancang dengan sistem yang lebih efisien dan efektif dalam penanganan bencana. Robot dalam penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada upaya mitigasi bencana dengan memberikan informasi yang cepat dan akurat kepada masyarakat. Dengan demikian, keselamatan dan kesejahteraan masyarakat dapat terjaga dengan lebih baik saat menghadapi risiko bencana alam.

Penerapan teknologi yang tepat dalam situasi darurat sangat penting untuk meminimalisir dampak bencana dan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat. Robot dapat memberikan peringatan saat terjadi gempa dan memberikan akses yang cepat untuk evakuasi diri, menjadikannya salah satu inovasi yang sangat diperlukan dalam menghadapi tantangan bencana alam di masa depan.

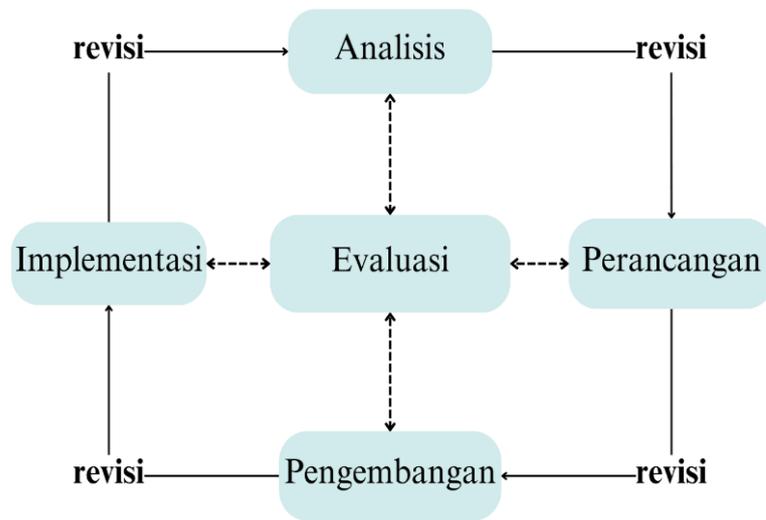
C. Metode Penelitian

1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan, model ADDIE (*Analysis-Design-Development-Implementation-Evaluation*). Model ADDIE menurut Saad dkk (2018) merupakan model yang digunakan untuk menghasilkan alat yang efektif khususnya di bidang teknologi. Selain itu, model ADDIE menurut Hidayat dan Nizar (2021) merupakan model pembelajaran yang bersifat umum dan dapat digunakan untuk penelitian pengembangan karena prosesnya sistematis dan interaktif

2. Prosedur Penelitian

Berikut penjelasan dari tahap pengembangan ADDIE yang akan peneliti lakukan:



Gambar 2. Tahap Pengembangan ADDIE

a. *Analysis* (Analisis)

Pada tahap analisis, peneliti melakukan identifikasi kebutuhan yang mendasari pengembangan sistem robot pendeteksi getaran gempa. Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk memahami mengapa robot ini diperlukan, apa masalah yang ingin dipecahkan, dan siapa saja yang akan menjadi pengguna robot tersebut.

Indonesia adalah negara yang rawan gempa bumi, sehingga keberadaan robot ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk meningkatkan keselamatan masyarakat. Penelitian juga mencakup studi literatur mengenai berbagai teknologi yang sudah ada dan keefektifannya dalam mendeteksi gempa. Dengan pemahaman ini, peneliti dapat menentukan fitur dan spesifikasi yang diperlukan dalam pengembangan robot.

Selain itu, peneliti juga melakukan analisis terhadap ketersediaan sumber daya yang diperlukan, termasuk perangkat lunak, perangkat keras, dan alat pemrograman yang akan digunakan dalam pengembangan robot. Langkah ini sangat penting untuk memastikan bahwa proyek dapat dilaksanakan dengan baik tanpa hambatan teknis.

b. *Design* (Perancangan)

Setelah analisis selesai, tahap berikutnya adalah perancangan. Di sini, peneliti merancang semua komponen yang diperlukan untuk robot. Desain ini mencakup pemilihan sensor yang akan digunakan untuk mendeteksi getaran, aktuator yang akan menggerakkan robot, serta perangkat keras dan lunak yang akan mengintegrasikan semua komponen tersebut.

Salah satu langkah penting dalam perancangan adalah membuat *flowchart*. *Flowchart* ini berfungsi sebagai diagram alur yang menggambarkan urutan program dari awal hingga akhir aktivitas robot. Dengan *flowchart* ini, peneliti dapat memastikan bahwa semua elemen sistem terintegrasi dengan baik dan bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Diagram alur ini juga berfungsi sebagai panduan bagi tim pengembangan untuk mengikuti proses yang telah direncanakan.

Dalam tahap perancangan, peneliti juga harus mempertimbangkan aspek tampilan dan fungsional robot. Desain fisik robot harus memadai untuk digunakan di lingkungan yang mungkin berbahaya, seperti bangunan yang sedang mengalami getaran. Selain itu, peneliti merencanakan uji coba produk yang bertujuan untuk mengumpulkan data mengenai efektivitas dan kepraktisan robot pendeteksi getaran gempa. Untuk mendapatkan umpan balik yang konstruktif, peneliti akan berkonsultasi dengan guru pembimbing dan para ahli di bidang robotika.

c. *Development* (Pengembangan)

Di tahap pengembangan, peneliti melaksanakan semua langkah yang telah direncanakan sebelumnya. Pengembangan sistem robot dilakukan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Proses ini mencakup pemrograman robot menggunakan *software* Arduino, yang merupakan *platform* yang populer untuk pengembangan perangkat keras dan lunak.

Selama proses pemrograman, peneliti harus memastikan bahwa semua sensor dan aktuator terhubung dengan benar dan dapat berfungsi dengan baik. Ini mencakup pengujian awal untuk masing-masing komponen sebelum integrasi penuh dilakukan. Setelah program selesai, peneliti melakukan *upload* program tersebut ke dalam mikrokontroler. Mikrokontroler ini berfungsi sebagai otak dari robot, mengendalikan semua fungsi dan aktivitas robot. Selain itu, peneliti juga melakukan kalibrasi untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik.

Kalibrasi adalah langkah penting untuk menjamin bahwa sensor dapat mendeteksi getaran dengan akurat dan aktuator dapat merespons dengan tepat. Jika kalibrasi tidak dilakukan dengan benar, robot mungkin tidak dapat memberikan informasi yang diperlukan saat terjadi gempa, yang dapat membahayakan keselamatan pengguna.

d. Implementation (Implementasi)

Setelah proses pengembangan selesai, tahap implementasi dilakukan. Pada tahap ini, program yang telah di-*upload* ke mikrokontroler akan digunakan untuk menggerakkan robot sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Peneliti akan melakukan pengujian melalui prototipe yang telah dibuat.

Penelitian ini dilaksanakan di MTsS Husnul Khotimah 2 Kuningan selama periode Juni hingga September 2024. Dalam implementasi ini, peneliti juga melakukan observasi untuk mengumpulkan data pada tahap pengembangan dan pengaplikasian robot.

e. Evaluation (Evaluasi)

Tahap evaluasi adalah bagian akhir dari model ADDIE, di mana peneliti melakukan penilaian menyeluruh terhadap robot yang telah dikembangkan. Pada tahap ini, dilakukan uji coba sistem gerak robot untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi sesuai rancangan. Proses *trial and error* ini sangat penting untuk menemukan dan memperbaiki potensi masalah sebelum robot digunakan secara luas.

Penilaian juga dilakukan oleh ahli di bidang teknologi/robotika sebanyak tiga orang yang akan memberikan umpan balik mengenai kelayakan dan efektivitas robot. Ini adalah langkah penting untuk memastikan bahwa robot tidak hanya berfungsi dengan baik, tetapi juga memenuhi standar keselamatan dan kinerja yang ditetapkan.

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan dua jenis data: data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari hasil penilaian angket yang diisi oleh para ahli di bidang robotika dalam bentuk persentase. Sementara itu, data kualitatif diperoleh dari angket yang berisi komentar dan saran yang diberikan oleh para ahli.

Instrumen penelitian terdiri dari angket, yang digunakan untuk mengukur kualitas robot. Teknik pengumpulan data meliputi studi literatur, observasi, angket, dan dokumentasi. Selanjutnya, teknik analisis data digunakan untuk mengolah data kualitatif menggunakan perbaikan sistem, sementara data kuantitatif dalam menilai respon validasi dihitung persentasenya dan diinterpretasikan ke dalam kategori berikut:

Tabel 1. Kriteria Interpretasi (Arikunto, 2013)

No	Uraian	Keterangan
1	$80\% < P \leq 100\%$	Sangat Baik
2	$60\% < P \leq 80\%$	Baik

3	$40\% < P \leq 60\%$	Cukup Baik
4	$20\% < P \leq 40\%$	Tidak Baik
5	$P \leq 20\%$	Sangat Tidak Baik

Dengan mengikuti model ADDIE secara sistematis, penelitian robot pendeteksi getaran gempa diharapkan dapat menghasilkan produk yang efektif dan relevan, memberikan kontribusi positif terhadap keselamatan masyarakat di daerah rawan gempa.

D. Hasil Dan Pembahasan

Hasil dari penelitian ini yaitu berupa prototipe robot pendeteksi gempa pada bangunan Hasil dan pembahasan dalam penelitian ini yaitu:

1. *Analysis (Analisis)*

Tahapan analisis dalam penelitian pengembangan ADDIE terkait bencana alam di Indonesia dimulai dengan analisis kebutuhan yang mengidentifikasi rendahnya kesiapsiagaan masyarakat, dengan sekitar 65% merasa pasrah saat menghadapi bencana. Target penelitian ini adalah masyarakat di dalam gedung yang perlu difasilitasi untuk memahami sistem peringatan dini dan penggunaan teknologi seperti robot. Konteksnya adalah geografi Indonesia yang berada di *Ring of Fire*, di mana sistem peringatan dini saat ini kurang efektif. Keseluruhan analisis ini menunjukkan kebutuhan mendesak untuk meningkatkan kesiapan dan memfasilitasi masyarakat jika terjadi gempa di dalam gedung melalui penerapan teknologi yang tepat untuk mengurangi dampak negatif dari gempa bumi.

2. *Design (Perancangan)*

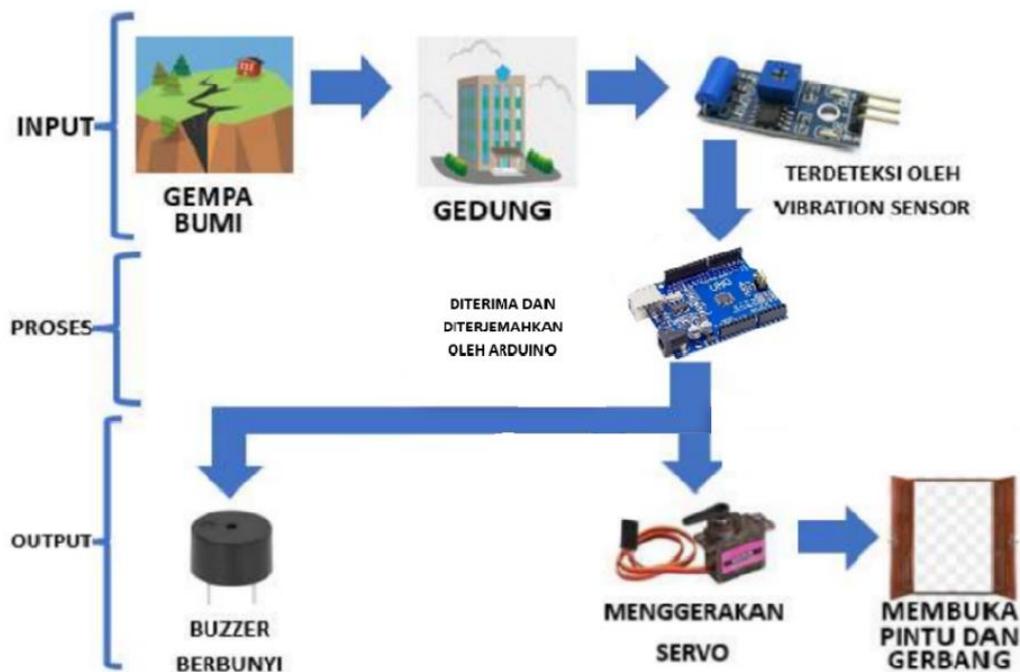
Berdasarkan analisis kebutuhan, dalam pembuatan prototipe robot pendeteksi gempa pada bangunan dibutuhkan beberapa bahan yang digunakan dalam pembuatan prototipe tersebut sebagai berikut:

Tabel 2. Komponen Robot

No	Komponen/Bahan	Penggunaan
1	Arduino	Arduino digunakan sebagai <i>controller</i> . Dengan arduino inilah prototipe robot dapat melakukan tugasnya sesuai program yang telah diperintah pada <i>software</i> Arduino IDE.

2	Vibration Sensor	Modul sensor getaran SW-420 merupakan sensor pendeteksi getaran berjenis sensor digital yang digunakan sebagai pendeteksi getaran gempa.
3	Servo	Servo digunakan sebagai aktuator penggerak utama pintu utama, pintu evakuasi dan gerbang.
4	Breadboard	Breadboard digunakan sebagai sirkuit elektronik.
5	Buzzer	Buzzer digunakan untuk memberikan suara peringatan jika di gedung tersebut terjadi gempa.
6	Kabel Jumper	Jumper digunakan untuk menghubungkan antar komponen.
7	Papan PVC	Papan PVC dalam robot ini digunakan untuk membuat kerangka/miniatur gedung
8	Kertas Sticker	Kertas sticker digunakan untuk melapisi bagian ruang rangka (PVC) dan menyelaraskan dengan bentuk gedung.
9	Baterai	Baterai digunakan untuk sumber energi dalam menjalankan semua komponen robot

Jika setiap komponen sudah saling terhubung, maka berikutnya membuat alur kerja robot dengan menyesuaikan inputnya yaitu tingkat *vibration sensor* sebagai pendeteksi gempa yang akan memerintahkan aktuator yaitu buzzer dan servo untuk membunyikan sirine gedung dan membuka pintu otomatis seperti pada gambar berikut.



Gambar 3. Alur Kerja Robot Pendeteksi Gempa

3. *Development* (Pengembangan)

Hasil pengembangan menunjukkan bahwa robot berhasil mendeteksi getaran dan memberikan sinyal peringatan secara efektif. Dengan pemrograman yang tepat dan kalibrasi yang akurat, robot ini diharapkan dapat berkontribusi pada upaya mitigasi bencana dan meningkatkan keselamatan masyarakat.



Gambar 4. Tampilan Robot Pendeteksi Gempa

4. *Implementation* (Implementasi)

Hasil dari implementasi menunjukkan bahwa robot berhasil menjalankan fungsi deteksi dan peringatan dengan baik. Pengujian di lapangan memberikan wawasan berharga tentang kekuatan dan kelemahan sistem, serta memberikan data untuk pengembangan lebih lanjut. Dengan demikian, tahap *implementation* tidak hanya menguji efektivitas robot, tetapi juga menjadi dasar untuk perbaikan dan optimalisasi di masa depan.

5. *Evaluation* (Evaluasi)



Gambar 5. Robot Pendeteksi Gempa

Tahap evaluasi merupakan langkah krusial dalam model ADDIE, yang berfungsi untuk menilai efektivitas dan kelayakan alat yang telah dikembangkan. Dalam proyek ini, robot pendeteksi gempa bumi yang memanfaatkan *vibration sensor*, Arduino Uno, buzzer dan servo diuji secara menyeluruh oleh tiga ahli di bidang teknologi. Validasi ini dilakukan dengan menggunakan angket yang telah disediakan oleh peneliti, kemudian validator memberikan penilaian terhadap aspek yang telah disediakan diangket tersebut, hasil yang diperoleh rata-rata persentase yaitu 92,7% dengan kriteria sangat baik dan rincian hasil validasi sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Validasi Ahli

Aspek Penilaian	Persentase
Desain Robot	93,4%
Akurasi Sendor	93,4%
Kecepatan Respon	93,4%
Daya Tahan	80%
Kemudahan Penggunaan	100%
Efektivitas Deteksi	86,6%
Ketahanan	93,4%
Biaya dan Perawatan	100%
Keberlanjutan Energi	100%
Keamanan	86,6%

Sesudah dilakukannya validasi ke beberapa validator terhadap robot yang telah dibuat, selanjutnya akan dikembangkan atau diperbaiki sesuai dengan saran dari validator. Saran yang diberikan validator yaitu :

Tabel 4. Saran Validasi Ahli

No	Saran	Perbaikan
1	Perlu adanya pendeteksi kedalaman pusat getaran gempa	Sudah diperbaiki sesuai saran

Menurut saran yang telah diberikan dari validator, robot yang dibuat hanya mampu mendeteksi getaran permukaan tanpa memberikan informasi lebih lanjut terkait kedalaman pusat gempa, yang merupakan salah satu parameter penting dalam pengukuran gempa bumi, yang akan dijadikan saran untuk perbaikan kedepannya.

Setelah itu pengujian dilakukan dengan simulasi getaran yang menyerupai kondisi gempa bumi. Hasil uji coba menunjukkan bahwa alat ini mampu mendeteksi getaran dengan akurasi tinggi dan memberikan sinyal peringatan melalui buzzer dan memfasilitasi pembukaan pintu melalui servo. Berdasarkan umpan balik yang diterima, ketiga ahli menyatakan kepuasan atas kemampuan alat dalam mendeteksi gempa secara real-time dan akurat. validator juga memuji kestabilan sistem yang dihasilkan oleh kombinasi *vibration sensor* dan Arduino Uno, serta desain alat yang sederhana namun menarik dan fungsional. Robot ini memiliki sejumlah keunggulan yang signifikan, yaitu:

a. Respon Cepat

Kemampuan untuk mendeteksi getaran dan merespons secara instan sangat sesuai dengan tujuan awal proyek ini, yaitu memberikan peringatan dini gempa.

b. Sistem Stabil dan Ekonomis

Arduino Uno sebagai pusat kendali terbukti memberikan kestabilan dalam pengolahan data, sementara penggunaan komponen elektronik yang terjangkau menjadikan alat ini layak untuk produksi massal di masa mendatang.

c. Penerapan Fleksibel

Alat ini dapat diintegrasikan dengan berbagai sistem lain, menjadikannya alat yang potensial untuk dipakai dalam berbagai skenario deteksi dini.

Untuk meningkatkan kinerja alat, beberapa langkah pengembangan diusulkan, termasuk penggunaan sensor tambahan yang lebih canggih seperti *accelerometer* tiga dimensi. Sensor ini memungkinkan pendeteksian getaran dengan lebih detail sehingga informasi mengenai kedalaman gempa dapat diperoleh. Selain itu, integrasi dengan basis data eksternal atau jaringan seismik dapat memberikan keluaran yang lebih akurat dan berkelanjutan.

Secara keseluruhan, evaluasi ini menegaskan bahwa robot pendeteksi gempa bumi berbasis *vibration sensor* dan Arduino Uno telah berhasil memenuhi tujuan utama proyek, yakni mendeteksi getaran gempa secara cepat dan akurat. Alat ini berpotensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem deteksi gempa yang lebih komprehensif dengan kemampuan analisis kedalaman pusat gempa, yang akan memperkaya akurasi dan kegunaan alat ini di lapangan.

E. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini berhasil mengembangkan prototipe robot pendeteksi gempa yang efektif untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana alam. Melalui analisis

kebutuhan, teridentifikasi bahwa sekitar 65% masyarakat merasa pasrah dalam menghadapi bencana, menunjukkan urgensi untuk meningkatkan sistem peringatan dini. Prototipe ini dirancang dengan berbagai komponen, termasuk sensor getaran dan Arduino, untuk memastikan deteksi yang akurat dan respons cepat saat terjadi gempa.

Hasil pengembangan menunjukkan bahwa robot mampu mendeteksi getaran dan memberikan sinyal peringatan dengan baik. Implementasi di lapangan mengungkapkan efektivitas sistem serta memberikan wawasan untuk perbaikan lebih lanjut. Evaluasi oleh para ahli menunjukkan hasil yang memuaskan dalam berbagai aspek, termasuk desain, akurasi, dan kemudahan penggunaan.

Meskipun robot ini sudah berhasil memenuhi tujuan utama dalam deteksi gempa, saran untuk pengembangan lebih lanjut meliputi penambahan kemampuan pendeteksi kedalaman pusat gempa. Dengan demikian, robot ini berpotensi menjadi sistem deteksi yang lebih komprehensif dan bermanfaat dalam mitigasi bencana di masa mendatang.

Daftar Pustaka

- Agustin, H. (2014). Persepsi Masyarakat Kenagarian Sumani Tentang Kesiapsiagaan Bencana Gempa Bumi. *Jurnal Kesehatan Komunitas*, 2(5), 199-206.
- Agustini, S.Y., Prawesti, A., & Pebrianti, S. (2020). Gambaran Pengetahuan Masyarakat Terhadap Kesiapan Bencana (Disaster Preparedness). *Jurnal Ilmu Keperawatan Indonesia (JIKPI)*, 1(2), 1-13.
- Alam, H., Kusuma, B.S., & Prayogi, M.A. (2020). Penggunaan Sensor Vibration Sebagai Antisipasi Gempa Bumi. *Journal of Electrical Technology*, 5(2), 43-52.
- Arikunto, S. (2013). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Astuti, B.S.F., & Hakim, R.B.F. (2015). Analisis Clustering Gempa Bumi Selama Satu Bulan Terakhir Dengan Menggunakan Algoritma Self-Organizing Maps (SOMs) Kohonen. *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika UMS 2015*, 715-722.
- Fridayanthie, E.W., Haryanto, & Tsabitah, T. (2021). Penerapan Metode Prototype Pada Perancangan Sistem Informasi Penggajian Karyawan (Persis Gawan) Berbasis Web. *Paradigma*, 23(2), 151-157.
- Hidayat, F., & Nizar, M. (2021). Model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation And Evaluation) dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam. *JIPAI: Jurnal Inovasi Pendidikan Agama Islam*, 1(1), 28-37.

- Kurniati (2021). Penerapan Metode Prototype Pada Perancangan Sistem Pengarsipan Dokumen Kantor Kecamatan Lais. *Journal of Software Engineering Ampera*, 2(1), 16-27.
- Muliati, V.F. (2022). Clustering Data Gempa Bumi Berdasarkan Lokasi Menggunakan K-Medoids. *JIS (Jurnal Ilmu Siber)*, 1(2), 78-81.
- Mulyana, I.E., & Kharisman, R. (2014). Perancangan Alat Peringatan Dini Bahaya Banjir dengan Mikrokontroler Arduino Uno R3. *Citec Journal*, 1(3), 171-182.
- Murtiadi, S., Agustawijaya, D.S., Akmaluddin, Ngudiyono, & Kencanawati, N.N. (2023). Pelatihan Rekayasa Bangunan Dan Jalur Evakuasi Menghadapi Bahaya Kebakaran Untuk Praktisi Muda Di Kota Mataram. *Jurnal Pepadu*, 4(2), 229-237.
- Ningsih, P.S., Effendi, Rahmawati, I., & Khanifah, Y. (2023). Pengetahuan dan Pengalaman Kepala Keluarga Berhubungan dengan Kesiapsiagaan Bencana Gempa Bumi. *Jurnal Ilmiah Ilmu Kesehatan*, 11(2), 413-428.
- Osuagwu, O.E., Chukwudebe, G., Nwachukwu, C.A.N., Odi, J., Uzoma, O., & Nwanjo, C. (2021). Robot Programming: New skill requirement for African Scientists/ Software Engineers for Intelligent Machine Design and Production. *Conference Paper · March 2021*, 1-16.
- Ramadhani, P.F., Fadhli, C.C.H., Nurbayani, S., & Rohid (2024). Robot Penyedot, Pengepel Dan Pengering Lantai (Vamor). *Jurnal Matematika Sains Teknologi Dan Lingkungan*, 1(1), 28-43.
- Ramli F.R., Hakim, F., & Hutabarat, R.A. (2021). Perancangan Web Design Aplikasi E-Learning dengan Metode Prototype pada Tingkat SMA. *Jurnal Majalah Ilmiah*, 28(1), 13-18.
- Saad, M. S. B., Sharif, S., & Mariappan, M. (2018). Pembangunan Modul Robot Permainan Topik Respirasi Sel Menggunakan Model ADDIE. *JURNAL PENDIDIKAN SAINS & MATEMATIK MALAYSIA*, 8(1), 55-73.
- Safrina, L., Hermansyah, & Aulia, T.B. (2015). Evaluasi Titik Evakuasi Gempa Bumi Dan Tsunami Pada Badan Layanan Umum Daerah Rumah Sakit Jiwa Aceh. *Jurnal Ilmu Kebencanaan (JIKA)*, 2(2), 32-40.
- Siregar, B., Ezwarsyah, Yusdartono, H.M., & Nasution, F.A. (2022). Rancang Bangun Sistem Peringatan Gempa Menggunakan Sensor Adxl 345 Berbasis Lora Dengan Esp 32. *Jurnal Energi Elektrik*, 11(2), 8-14.
- Suara, M., Jati, B.L., Gufron, A., Hilmani, H., Helmalia, Fitri, N.L., & Andhia (2023). Penanganan Dampak H + 14 Pasca Bencana Gempa Bumi Dengan Masalah Kesehatan

Di Desa Mangun Kerta Kecamatan Cugenang Kabupaten Cianjur. *JURNAL KREATIVITAS PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (PKM)*, 6(4), 1396-1411.

Subagia, I.W., Wiratma, I.G.L., & Sudita I.K. (2015). Pelatihan Mitigasi Bencana Alam Gempa Bumi Pada Siswa Sekolah Dasar Negeri Pengastulan Kecamatan Seririt Kabupaten Buleleng Bali. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 4(1), 585-598.

Tobi, M.D. (2015). Rancangan Bangun Robot Beroda Pemadam Api Menggunakan Arduino Uno Rev.1.3. *Electro Luceat*, 1(1), 52-61.

Tritunggal, F.A., Pradana, C., & Pradani E.R.K. (2023). Sistem Deteksi Gempa Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino dan Sensor Accelerometer MPU6050. *Journal of Mechanical and Electrical Technology*, 2(2), 98-104.

Tritunggal, F. A., Pradana, C., & Pradani, E. R. K. (2023). Sistem Deteksi Gempa Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino dan Sensor Accelerometer MPU6050. *Journal of Mechanical and Electrical Technology*, 2(2), 98 - 104.

Utomo, D.P., & Purba B. (2019). Penerapan Datamining pada Data Gempa Bumi Terhadap Potensi Tsunami di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS)*, 846-853.