

Bab I

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Aktivitas gempa bumi mengacu pada guncangan dan getaran pada bagian litosphere bumi yang disebabkan pelepasan energi secara tiba-tiba hingga menimbulkan getaran seismik. Gempa bumi yang umum terjadi diakibatkan oleh aktivitas tektonik hingga aktivitas vulkanik. Gempa bumi menghasilkan besaran gelombang seismik yang bervariasi mulai dari getaran ringan hingga mengakibatkan guncangan besar [1]. Akibat dari gempa bumi menyebabkan kerusakan yang ada di permukaannya seperti bangunan. Kerusakan bangunan dapat dilihat dengan mendeteksi pergeseran struktur bangunan dan tanah dengan amplitudo pergeseran, diperkirakan pergeseran tersebut terjadi bersamaan dengan tanah [2].

Bangunan merupakan objek yang ditujukan untuk kegiatan pembelajaran. Sebagai suatu representasi bangunan yang memiliki struktur utama seperti tulang tiang pada setiap sisi ujung bangunan dan penghubung antar tiang sebagai bangunan yang memiliki rancangan struktur yang kokoh. Bangunan dengan rancangan struktur yang dinilai kokoh tidak menjamin kekebalannya terhadap guncangan atau getaran gempa bumi, ketika bangunan tersebut sudah mulai menua, tantangan pada ketahanannya terhadap gempa bumi semakin meningkat terutama bangunan akan semakin rentan [3] memungkinkan untuk mengalami pergeseran pada strukturnya. Cara untuk mendeteksi pergeseran struktur bangunan dapat dilihat dari lingkungan sekitar, diantaranya pergeseran tanah dan keretakan struktur bangunan. Keretakan ini dapat terjadi pada semua tempat pada bangunan. Namun, titik fatal letak pergeseran adalah pada bagian sudut bangunan dan pondasi dasar, sudut bangunan mendapatkan efek pergeseran dinding geser [2] dan pondasi dasar mendapatkan efek pergeseran [4]. Terdapat peralatan yang digunakan dalam mendeteksi pergeseran, diantaranya seismograf, akselerometer [2], sensor getaran piezoelektrik. Salah satu metode mendeteksi pergeseran tersebut adalah dengan serat optik fiber [5]. Pengamat bangunan harus melihat pergeseran sudut secara manual pada setiap posisi. Solusi ini menjadi tidak handal ketika diterapkan pada bangunan yang memiliki lantai yang tidak sedikit. Selain itu, pengamatan secara manual memerlukan waktu dan rentang terhadap salah pembacaan sudut pergeseran. Untuk melakukan deteksi pergeseran struktur bangunan, yang terdiri dari lantai yang tidak sedikit, memerlukan solusi yang cepat

dan efisien.

Solusi berbasis *Internet of Things*(IoT) dapat menjadi solusi yang tepat digunakan dalam mendeteksi pergeseran bangunan TULT. Solusi menggunakan sensor dalam mendeteksi pergeseran struktur bangunan dan menggunakan internet dalam mengirimkan data ke pusat menjadikan deteksi pergeseran bangunan menjadi efisien dan cepat. Sensor getaran piezoelektrik dapat digunakan untuk mendeteksi pergeseran dan sensor akselerometer dapat digunakan untuk mendeteksi getaran. Namun, tidak setiap getaran adalah getaran gempa, untuk mengatasi masalah tersebut memerlukan metode dalam klasifikasi getaran gempa. Penelitian yang dilakukan oleh M. Murti, dkk. (2022) melakukan pendeteksian dengan multi-klasifikasi berdasarkan kecepatan dan pergeseran data filtering menggunakan algoritma kecerdasan buatan [6]. Namun, solusi yang ditawarkan pada penelitian tersebut tidak mempertimbangkan mobilisasi perangkat. Penelitian lalu masih berfokus pada sisi akurasi dan tidak mempertimbangkan sisi mobilitas dan perangkat pendeteksi.

Pada penelitian ini, peneliti mengusulkan sistem peringatan dini dalam mendeteksi pergeseran dan getaran terukur gempa pada struktur bangunan dengan ANN melalui simulasi. Peneliti menggunakan pendekatan model simulasi struktur bangunan yang diberi sensor dan model simulasi gempa sebagai penggerak untuk melakukan simulasi gempa. Peneliti menggunakan sensor getaran piezoelektrik dan akselerometer dalam memberikan peringatan pergeseran bangunan dan getaran gempa yang akurat. Penelitian menggunakan pendekatan simulasi memungkinkan pengujian dilakukan secara lebih ekonomis dan cepat, sehingga mempercepat proses penelitian dan pengembangan pada sistem keseluruhan. Penelitian menggunakan rangkaian alat dengan pembelajaran mesin *Artificial Neural Network* (ANN) yang dibuat dengan tujuan mendeteksi dan memberikan peringatan lebih awal dengan menganalisa tanda-tanda terjadinya gempa. Pemilihan metode ANN pada penelitian ini didasarkan pada akurasi pergeseran pada paper M. Murti, dkk. (2022) karena mendapat nilai hasil akurasi paling tinggi. Kemampuan ANN yang perlu digaris bawahi diantaranya mampu menghasilkan hasil yang cepat dan efisien dalam waktu singkat, hal ini dapat membantu untuk mempercepat analisis pergeseran struktur bangunan dan memungkinkan untuk pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat.

Pada pengambilan keputusan dalam upaya perlindungan struktur bangunan diperlukan analisa pola gempa dan membuat sistem untuk mendeteksi gempa dapat meminimalisasikan kecelakaan yang disebabkan oleh kerusakan bangunan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang, rumusan masalah tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem peringatan dini dalam mendeteksi pergeseran

dan getaran terukur gempa pada struktur bangunan dengan ANN melalui simulasi?

2. Bagaimana mengimplementasikan sistem peringatan dini dalam mendeteksi pergeseran dan getaran terukur gempa pada struktur bangunan dengan ANN melalui simulasi?
3. Bagaimana mengevaluasi sistem peringatan dini dalam mendeteksi pergeseran dan getaran terukur gempa pada struktur bangunan dengan ANN melalui simulasi?

1.3 Tujuan

Berdasarkan perumusan masalah, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang sistem peringatan dini dalam mendeteksi pergeseran dan getaran terukur gempa pada struktur bangunan dengan ANN melalui simulasi.
2. Mengimplementasikan sistem peringatan dini dalam mendeteksi pergeseran dan getaran terukur gempa pada struktur bangunan dengan ANN melalui simulasi.
3. Mengevaluasi sistem peringatan dini dalam mendeteksi pergeseran dan getaran terukur gempa pada struktur bangunan dengan ANN melalui simulasi.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan-batasan tertentu yang memberikan arah dan ruang lingkup tertentu pada perancangan serta implementasi penelitian. Beberapa batasan utama yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Fokus penelitian ini ada pada perancangan dan implementasi sistem peringatan dini dalam mendeteksi pergeseran dan getaran terukur gempa pada struktur bangunan dengan ANN melalui simulasi.
2. Batasan simulasi adalah sebagai berikut:
 - (a) Simulasi dibagi menjadi dua bagian model simulasi, yaitu model simulasi struktur bangunan dan model simulasi gempa.
 - (b) Definisi gempa pada penelitian ini disejajarkan dengan istilah gempa bumi pada konteks simulasi.
 - (c) Model simulasi struktur bangunan dengan rancangan sederhana, rancangan model simulasi struktur bangunan memiliki dua lantai, model ini diasumsikan dan dikaitkan sebagai representasi suatu struktur bangunan yang kokoh. Model ini ditanami sensor getaran piezoelektrik dan akselerometer, sensor tersebut merupakan alat ukur pada model simulasi

struktur bangunan yang bereaksi pada pergerakan apabila terjadi pergerakan pada pergerakan.

- (d) Model simulasi gempa dengan alat penggerak bernama shake table, shake table menggunakan penggerak stepper motor dengan screw panjang yang mampu menggerakkan permukaan bidang sebagai representasi gempa pada simulasi.
 - (e) Model simulasi struktur bangunan ditempatkan pada permukaan bidang shake table.
 - (f) Percobaan pada simulasi yang dilakukan adalah simulasi gempa, simulasi gempa yang diberikan oleh model simulasi gempa adalah gerakan acak.
3. Batasan sensor yang ditanam pada model simulasi struktur bangunan adalah sebagai berikut:
- (a) Sensor getaran piezoelektrik merupakan sensor analog mendeteksi apabila terjadi adanya suatu lengkungan atau tekanan pada bagian material dalamnya, lengkungan tersebut dapat dimanfaatkan dengan menjadikan suatu representasi pergeseran menggunakan alat bantu bandul. Piezoelektrik memiliki sensitifitas yang cukup besar, piezoelektrik dapat memberikan nilai apabila menggunakan alat bantu bandul yang telah dirancang tersebut.
 - (b) Bandul akan mengalami suatu pergerakan yang diakibatkan adanya suatu perubahan kecepatan berbanding lurus pada besarnya resultan gaya yang dikutip dari hukum Newton kedua. Bandul dirancang sedemikian rupa supaya dapat merepresentasikan adanya pergeseran untuk dapat diaplikasikan sebagai alat bantu sensor piezoelektrik.
 - (c) Batasan masalah pada bandul tidak mendalami teori fisika bandul secara rinci, melainkan hanya menggunakan bandul sebagai objek simulasi untuk menghasilkan pergeseran yang diperlukan dalam eksperimen.
 - (d) Sensor akselerometer mendeteksi percepatan linier yang bertujuan untuk memahami dan merekam perubahan percepatan yang mungkin terjadi akibat adanya getaran atau pergeseran. Secara teori matematis, percepatan dan pergeseran memiliki hubungan pada objek yang diberikan gaya oleh penggerak.
4. Batasan percobaan simulasi gempa digunakan sebagai berikut:
- (a) Perekaman data oleh simulasi gempa untuk melakukan pelatihan dan percobaan untuk membuat model ANN.
 - (b) Percobaan hingga evaluasi sistem peringatan dini dalam mendeteksi getaran terukur gempa dan pergeseran struktur bangunan.

5. Batasan sistem peringatan dini adalah sebagai berikut:
 - (a) Sistem peringatan dini pada konsep ini memberikan peringatan dari pada proses yang panjang apabila pendeteksian pergeseran dilakukan secara manual, penerapan konsep IoT dengan sensor dapat memangkas proses dan memberikan kewaspadaan pada pemeliharaan bangunan.
 - (b) Sistem peringatan dini berkaitan secara definisi keseluruhan pada sistem peringatan dini dalam mendeteksi getaran terukur dan pergeseran struktur bangunan dengan ANN melalui simulasi.
 - (c) Sistem peringatan dini menggunakan data dari dua sensor utama yaitu sensor getaran piezoelektrik dan akselerometer sebagai penentu getaran terukur gempa.
 - (d) Penerapan threshold sebagai batas pergerakan diam pada sensor getaran piezoelektrik dan hasil klasifikasi pada ANN, konfigurasi threshold dilakukan secara manual.
 - (e) Sistem peringatan dini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan internet, protokol jaringan MQTT untuk komunikasi mikrokontroler dengan server pemroses data, linux server sebagai server pemroses data, dan telegram sebagai output pada sistem peringatan dini.
6. Batasan penggunaan ANN adalah sebagai berikut:
 - (a) Penggunaan library ANN Tensorflow dan Keras.
 - (b) Pemilihan metode ANN didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh penelitian M. Murti, sebagai proof of concept pada ANN.
 - (c) Implementasi pada pembelajaran ANN dilakukan di luar sistem peringatan dini.
 - (d) Pembelajaran ANN menggunakan data rekaman yang dilakukan oleh simulasi gempa.
 - (e) Hasil pada pembelajaran ANN adalah model ANN. Model ANN yang diperoleh diimplementasikan pada sistem peringatan dini untuk melakukan klasifikasi getaran terukur gempa dan bukan terukur gempa.
 - (f) Hasil klasifikasi akan diukur menggunakan threshold.
7. Batasan topik tidak membahas konfigurasi jaringan, server, dan bot telegram lebih mendalam.
8. Konfigurasi untuk sistem pada fisik dan rekayasa utama merupakan bagian yang tidak terpisahkan dikarenakan merupakan bagian ketergantungan pada sistem.

9. Penelitian ini tidak meliputi evaluasi performansi sistem peringatan dini secara keseluruhan dari data sensor hingga notifikasi yang dikeluarkan, melainkan evaluasi fungsi pada kemampuan untuk dapat melakukan sistem peringatan dini.

Data yang digunakan untuk pelatihan dan percobaan *Artificial Neural Network*(ANN) adalah data yang dibuat pada mesin Shake Table. Data belajar yang diperoleh akan dijadikan referensi untuk membuat model yang sesuai pada penelitian ini. Komunikasi pada penelitian ini membatasi penggunaan protokol MQTT sebagai protokol komunikasi antara sensor dengan sistem server pemroses data tersebut. Selain itu, pesan sistem peringatan disampaikan melalui aplikasi Telegram. Pembahasan penelitian ini dapat mencapai tujuannya dengan fokus pada perancangan sistem peringatan dini untuk pergeseran struktur bangunan. Pembahasan batasan lainnya seperti tantangan hingga kekurangan seperti bug, konfigurasi yang harus menyesuaikan dengan tempatnya, hingga batas kapabilitas sensor.

1.5 Sistematika Penulisan

1. Pendahuluan

Pada tahap pendahuluan, isi menjelaskan kepada konteks luas penelitian ini. Fokusnya adalah memberikan gambaran umum terkait urgensi dan relevansi dari pengembangan sistem peringatan dini untuk pergeseran struktur bangunan. Pembaca akan diberikan pemahaman mengenai permasalahan yang ingin dipecahkan dan pentingnya solusi yang dapat memberikan analisis dalam menghadapi risiko gempa bumi.

2. Kajian Pustaka

Pada tahap ini, penulisan kajian pustaka terhadap penelitian-penelitian yang relevan. Penulisan kajian pustaka dilakukan dengan isi penelitian terkait dan pengelompokan topik utama seperti jaringan syaraf tiruan, sensor akselerometer, dan sensor getaran piezoelektrik.

3. Metodologi dan Perancangan Sistem

Pada tahap ini, penulisan rancangan metode penelitian dilakukan untuk sebagai salah satu referensi arah penelitian. Tahap ini juga meliputi perancangan pada sistem yang dibangun sebagai bagian pada tujuan penelitian. Isi pada rancangan metode penelitian meliputi framework penelitian, metodologi untuk mencapai tujuan penelitian, analisis kebutuhan sistem, himpunan data, praprosesing, metrik uji, dan metode pengujian.

4. Implementasi dan Evaluasi Sistem

Pada tahap implementasi dan evaluasi sistem, penulisan akan membahas desain sistem yang telah dirancang pada tahap sebelumnya. Ini mencakup rincian

tentang desain jaringan dan perangkat keras yang akan diimplementasikan. Evaluasi pada implementasi *ANN* juga akan dibahas, termasuk hasil uji coba dan analisis hasil yang diperoleh dari implementasi sistem.

5. Kesimpulan

Pada tahap kesimpulan, berisi ringkasan keseluruhan dari seluruh dokumen proposal. Ini mencakup sintesis dari setiap tahap penelitian, temuan utama, dan potensi dampak dari sistem peringatan dini yang diusulkan. Kesimpulan juga dapat mencakup saran untuk pengembangan lebih lanjut dan potensi arah penelitian yang dapat dijelajahi.