

**PENGEMBANGAN ALAT UKUR GETARAN 3- DIMENSI
MENGUNAKAN SENSOR *ACCELEROMETER* BERBASIS
INTERNET OF THINGS UNTUK
MONITORING BANGUNAN**



**TOTOP GABE
NIM. 19034038**

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2024**

**PENGEMBANGAN ALAT UKUR GETARAN 3- DIMENSI
MENGUNAKAN SENSOR *ACCELEROMETER* BERBASIS
INTERNET OF THINGS UNTUK
MONITORING BANGUNAN**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains*



Oleh:

TOTOP GABE

NIM. 19034038

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2024

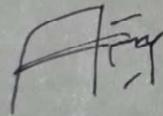
PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGEMBANGAN ALAT UKUR GETARAN 3-DIMENSI MENGUNAKAN SENSOR *ACCELEROMETER* BERBASIS *INTERNET OF THINGS* UNTUK MONITORING BANGUNAN

Nama : Totop Gabe
NIM : 19034038
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

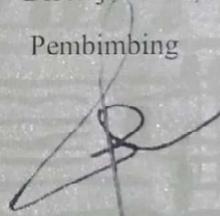
Padang, Agustus 2024

Mengetahui,
Ketua Departemen



Prof. Dr. Asrizal, M.Si
NIP. 196606031992031001

Disetujui Oleh,
Pembimbing



Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si
NIP. 197307022003121002

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

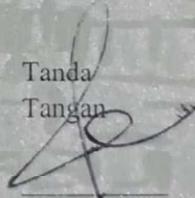
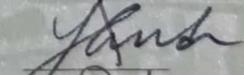
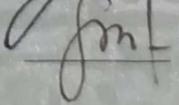
Nama : Totop Gabe
NIM : 19034038
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PENGEMBANGAN ALAT UKUR GETARAN 3-DIMENSI MENGUNAKAN SENSOR *ACCELEROMETER* BERBASIS *INTERNET OF THINGS* UNTUK MONITORING BANGUNAN

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, Agustus 2024

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si	
Anggota	: Prof. Yohandri, M.Si, Ph.D	
Anggota	: Dr. Suadi Ahadi, ST, MT	

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Totop Gabe
NIM/TM : 19034038/2019
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul: "Rancang Bangun Alat Ukur Getaran 3-Dimensi Menggunakan Sensor *Accelerometer* Berbasis *Internet Of Things* Untuk Implementasi Struktur Bangunan" adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi UNP maupun dimasyarakat dan hukum Negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Saya yang menyatakan,



Totop Gabe

NIM. 19034038

**Pengembangan Alat Ukur Getaran 3- Dimensi Menggunakan Sensor *Accelerometer*
Berbasis *Internet Of Things* untuk
Monitoring Bangunan**

Totop Gabe

ABSTRAK

Problematika antara kerusakan bangunan dengan intensitas getaran sering terjadi yang ditimbulkan baik dari dalam dan luar bangunan berdasarkan getaran frekuensi rendah, sehingga perlu merancang alat ukur getaran dari konvensional ke arah komersial dengan 3-Dimensi berbasis sensor *Accelerometer* untuk mempermudah dalam pendeteksian dan pengakuisisian data serta mengurangi kesalahan data terhadap getaran rendah yang bisa terjadi karena gerakan aktivitas manusia yang berefek pada ketahanan Monitoring Bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu alat untuk mengukur getaran berbasis 3-dimensi pada sebuah bangunan dengan menggunakan sensor *accelerometer* berbasis *Internet of Things*. Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa untuk merancang alat ukur getaran 3-dimensi. Hasil Pengembangan Alat Ukur Getaran 3-Dimensi untuk Monitoring Bangunan terdiri atas spesifikasi performansi dan spesifikasi desain sistem. Pertama, spesifikasi performansi sistem yang terdiri dari rangkaian elektronika alat dan desain tampilan monitoring nilai pengukuran. Sistem memiliki 1 jenis sensor untuk pengukuran 1 parameter fisika, yaitu sensor MPU6050 untuk mengukur getaran. Mikrokontroler yang digunakan yaitu *Arduino Uno* sebagai mikrokontroler utama dan *NodeMCU ESP32* sebagai pengirim data hasil pengukuran dari *arduino* ke *Web server*. Pada spesifikasi desain sistem hasil pengukuran Frekuensi Getaran (15 Desember 2023) pada sudut Pada Gedung Laboratorium Fisika Unp pada lantai 1, 2 dan 3 selama 10 menit di setiap lantai di dapatkan frekuensi getaran dengan nilai ketepatan masing-masing parameter rata-rata persentase ketepatan di lantai 1 sekitar 98,37 % dengan persentase kesalahan sebesar 1,63%. Kemudian untuk lantai 2 persentase ketepatan sekitar 97,34 % dengan persentase kesalahan sekitar 2,67%, dan untuk lantai 3 dengan persentase ketepatan sekitar 96,73 % dan persentase kesalahan sekitar 3,27% (Frekuensi Getaran). Kemudian untuk ketelitian pengukuran parameter getaran yang dilakukan terhadap 3 lantai di dalam satu gedung dilakukan sebanyak 10 kali, yaitu pada parameter frekuensi didapatkan di lantai 1 tingkat ketelitian sebesar 98.40%, dengan kesalahan relatif sebesar 2,52%. Lantai 2 dengan tingkat ketelitian pengukuran sebesar 97,42% serta mendapatkan kesalahan relatif sebesar 6,02%. Pada lantai 3 untuk parameter frekuensi dengan persentase ketelitian sebesar 96,89% untuk 10 kali pengukuran, sedangkan untuk kesalahan relatif sebesar 2,07%. pada lantai 1 berkisar 0 – 2 Hz pada alat ukur sedangkan pada alat standar berkisar 0 – 2 Hz. Pada lantai 2 yaitu berkisar 8 – 10 Hz pada alat ukur sedangkan alat standar berkisar 1 – 7 Hz, dan pada lantai 3 yaitu berkisar 10 – 12 Hz pada alat ukur sedangkan pada alat standar berkisar 1 – 7 Hz. Dari perbandingan tersebut juga dapat diambil kesimpulan bahwa hasil pengukuran yang dilakukan oleh alat ukur dan juga alat standar tidak jauh beda dan sama-sama mendapatkan data pengukuran <25 yang dimana Gedung Laboratorium Fisika UNP dalam kondisi aman terhadap getaran.

Keywords: Monitoring Bangunan, Getaran 3-Dimensi, Sensor *Accelerometer*, *Internet Of Things*

Design and Construction of a 3-Dimensional Vibration Measuring Instrument Using an Accelerometer Sensor Based on the Internet of Things for Building structure

Totop Gabe

ABSTRACT

Problems between building damage and vibration intensity often occur which are caused both from inside and outside the building based on low frequency vibrations, so it is necessary to design a vibration measuring instrument from conventional to commercial with a 3-Dimensional Accelerometer sensor to make it easier to detect and acquire data and reduce errors. data on low vibrations that can occur due to human activity movements which have an effect on the durability of building structures. This research aims to design a tool to measure 3-dimensional vibrations in a building using an Internet of Things-based accelerometer sensor. This research is engineering research to design a 3-dimensional vibration measuring instrument. The design results of the 3-Dimensional Vibration Measuring Tool for Building Structure Implementation consist of performance specifications and system design specifications. First, the system performance specifications which consist of the electronic circuit of the tool and the design of the measurement value monitoring display. The system has 1 type of sensor for measuring 1 physical parameter, namely the MPU6050 sensor for measuring vibrations. The microcontroller used is Arduino Uno as the main microcontroller and NodeMCU ESP32 as the sender of measurement data from Arduino to the Web server. In the system design specifications, the results of Vibration Frequency measurements (15 December 2023) at the corners of the Unp Physics Laboratory Building on the 1st, 2nd and 3rd floors for 10 minutes on each floor obtained the vibration frequency with the accuracy value of each parameter, the average percentage of accuracy in 1st floor around 98.37% with an error percentage of 1.63%. Then for the 2nd floor the accuracy percentage is around 97.34% with an error percentage of around 2.67%, and for the 3rd floor the accuracy percentage is around 96.73% and the error percentage is around 3.27% (Vibration Frequency). Then, for accuracy, the vibration parameter measurements carried out on 3 floors in one building were carried out 10 times, namely the frequency parameters obtained on the 1st floor, the level of accuracy was 98.40%, with a relative error of 2.52%. Floor 2 with a measurement accuracy level of 97,42% and a relative error of 6.02%. On the 3rd floor, the frequency parameter has an accuracy percentage of 96,89% for 10 measurements, while the relative error is 2.07%. on the 1st floor it is around 0 – 2 Hz on measuring instruments while on standard instruments it is around 0 – 2 Hz. On the 2nd floor, it is around 8 - 10 Hz on measuring instruments, while on standard instruments it is around 1 - 7 Hz, and on the 3rd floor, it is around 10 - 12 Hz on measuring instruments, while on standard instruments it is around 1 - 7 Hz. From this comparison it can also be concluded that the results of measurements carried out by measuring instruments and standard instruments are not much different and both obtain measurement data <25, which means the UNP Physics Laboratory Building is in a safe condition against vibration.

Keywords: Building Structure, 3-Dimensional Vibration, Accelerometer Sensor, Internet Of Things

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kehadiran Tuhan Yesus Kristus yang sangat luar biasa dalam hidup saya, bukan karena kuat dan kehebatan saya, tetapi karena cinta kasih Kristus dan kemurahan Nya sehingga telah membantu saya dalam segala keadaan menyelesaikan skripsi ini. Sebagai judul penelitian adalah “Pengembangan Alat Ukur Getaran 3-Dimensi Menggunakan Sensor *Accelerometer* Berbasis *Internet Of Things* Untuk Monitoring Bangunan”. Skripsi ini kupersembahkan untuk Ayahku tercinta Marios Aritonang dan Ibuku tercinta Minnaria Sitompul. Tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Sains di program studi Fisika Departemen Fisika Universitas Negeri Padang.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak. Dengan dasar ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada berbagai pihak atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis dalam penulisan skripsi ini, terutama kepada :

1. Bapak Dr. Yulkifli, S.Pd., M.Si., sebagai Pembimbing atas segala bantuannya yang tulus ikhlas memberikan bimbingan, arahan dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Prof. Yohandri, Ph.D., sebagai dosen penguji skripsi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritikan dan saran kepada peneliti untuk menyempurnakan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Suadi Ahadi, S.T., M.T., sebagai dosen penguji skripsi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritikan dan saran kepada peneliti untuk menyempurnakan skripsi ini.
4. Bapak Dr. H. Asrizal M.Si., selaku kepala Departemen Fisika Fakultas

Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

5. Bapak Dr. Harman Amir, S.Si., M.Si., selaku koordinator Prodi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
6. Ibu Syahfriani, M.Si., Ph.D., selaku Penasehat Akademik yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Seluruh keluarga Besar Aritonang tercinta yang telah memberikan dukungan baik berupa moril dan spiritual kepada penulis.
8. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
9. Staf Administrasi dan Laboran di Laboratorium Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
10. Rekan-rekan mahasiswa Departemen Fisika FMIPA UNP khususnya Fisika angkatan 19 yang telah ikut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.
11. Rekan-rekan KKN Tematik Lintau Buo Utara yang selalu spesial memberikan hal yang tidak bisa dilupakan
12. Kepada adik laki-laki terhebat Sutan Radex Aritonang yang selalu menjadi sahabat dirumah
13. Kepada adik Perempuan tercinta Tri Septiani Aritonang yang selalu memberikan kerinduan dirumah.
14. Seluruh rekan-rekan pelayanan Gerakan Mahasiswa Kristen Indonesia yang selalu menjadi rumah kedua baik di kala suka maupun duka.

Terimakasih kepada seluruh pihak yang telah berjasa dalam penyelesaian

skripsi ini. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini membantu menambah pengetahuan dan pengalaman bagi para pembaca.

Padang, 16 Januari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	8
C. Tujuan Penelitian	8
D. Batasan Masalah.....	8
E. Manfaat Penelitian	9
BAB II KAJIAN TEORITIS.....	10
A. Getaran 3-Dimensi	10
B. Monitoring Bangunan	11
C. NodeMCU ESP32	14
D. Sensor MPU-6050.....	15
E. Accelerometer	16
F. Smartphone Android	18
G. Web Server.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
A. Jenis Penelitian.....	31

B. Tempat dan Waktu Penelitian	32
C. Alat dan Bahan.....	32
D. Data dan Variabel Penelitian.....	33
E. Prosedur Penelitian.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
A. Hasil Penelitian	51
B. Pembahasan.....	66
BAB V PENUTUP.....	73
A. Kesimpulan	73
B. Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN.....	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Data Cacat Bangunan Sebelum dan Sesudah Gempa 2009	4
Gambar 2. NodeMCU EPS32	15
Gambar 3. Sensor MPU-6050 dan Skema Pin	15
Gambar 4. Accelerometer (Mouser Electronics Present, 2022).....	17
Gambar 5. Smartphone Android	18
Gambar 6. Gambar Prosedur Penelitian (Umar, 1994).....	31
Gambar 7. Pembuatan sistem alat ukur getaran 3-Dimensi	35
Gambar 8. Desain Perangkat Keras Alat Ukur Getaran.....	36
Gambar 9. Desain Perangkat Lunak	38
Gambar 10. Hasil Konseptual Rancangan	52
Gambar 11. Hasil susunan geometri dan kefungsiian penelitian	53
Gambar 12. Sistem Alat Ukur Getaran 3-Dimensi	54
Gambar 13. Seismograf 3D-MAE	54
Gambar 14. Syismatrack-MAE.....	55
Gambar 15. . Hasil Pemodelan Rancangan Alat Ukur 3-Dimensi.....	56
Gambar 16. Grafik Web Server Pengukuran Frekuensi.....	57
Gambar 17. Grafik Alat ukur pada Lantai 1	58
Gambar 18. Grafik Alat ukur pada Lantai 2	58
Gambar 19. Grafik Alat ukur pada Lantai 3	58
Gambar 20. Grafik Alat Ukur lantai 1	59
Gambar 21. Grafik Alat Ukur lantai 2	59
Gambar 22. Grafik Alat Ukur lantai 3	60
Gambar 23. Grafik Perbandingan Alat Ukur dan Alat Ukur Standar.....	60

- Gambar 24. Pengambilan data di Lantai 1 Gedung Gedung Lab Fisika UNP..... 92
- Gambar 25. Pengambilan data di Lantai 2 Gedung Gedung Lab Fisika UNP..... 92
- Gambar 26. Pengambilan data di Lantai 3 Gedung Gedung Lab Fisika UNP..... 92

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Indeks Kerentanan Tanah.....	2
Tabel 2. Nilai Frekuensi Dan Amplitudo Bangunan Setiap Lantai Menurut Arah X,Y, Dan Z.....	13
Tabel 3. Tabel Spesifikasi MPU6050	16
Tabel 4. Alat ukur getaran 3-Dimensi untuk implementasi bangunan.....	32
Tabel 5. Bahan untuk mengukur getaran 3-Dimensi	33
Tabel 6. Alat ukur getaran 3-Dimensi untuk implementasi bangunan.....	32
Tabel 7. Data Ketepatan Pengukuran Getaran Gedung Lantai 2	64
Tabel 8. Data Pengukuran Getaran Gedung Lantai 3	32
Tabel 9. Data Ketelitian Sistem Pengukuran Getaran Lantai 1	63
Tabel 10. Data Ketelitian Sistem Pengukuran Getaran Lantai 2	64
Tabel 11. Data Ketelitian Sistem Pengukuran Getaran Lantai 3	65
Tabel 12. Data Perbandingan Alat Ukur Standar dengan Alat Ukur	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengukuran Ketepatan Getaran pada Lantai 1	80
Lampiran 2. Hasil Pengukuran Ketepatan Getaran pada Lantai 2	84
Lampiran 3. Hasil Pengukuran Ketepatan Getaran pada Lantai 3	88
Lampiran 4. Dokumentasi Pengambilan Data	92
Lampiran 5. Penelitian Relevan	93

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pesatnya pertumbuhan ekonomi dan bertambahnya jumlah penduduk yang setiap tahun nya semakin tinggi menyebabkan naiknya kebutuhan akan tempat tinggal yang semakin banyak, sehingga kebutuhan akan ketahanan bangunan bertingkat tersebut dalam berbagai aspek seperti ketahanan dalam suatu getaran terus meningkat . Dalam mendesain bangunan dengan struktur yang aman maka harus tercipta standarisasi, building code, serta metodologi desain.

Namun, Monitoring Bangunan dalam masa pemakaiannya dapat mengalami pembebanan yang tidak diantisipasi dalam desain sehingga lama kelamaan menyebabkan penurunan kualitas struktur dan kerusakan dengan cara-cara yang tidak dapat diprediksi (Rahmawati, D., 2011). Monitoring Bangunan terutama bangunan bertingkat saat ini harus dirancang tahan terhadap proses pembebanan yang terus-menerus seperti sering terjadinya bencana alam terutama gempa bumi, angin, dan banjir. Hal ini dikarenakan untuk menghindari banyak kerugian harta benda maupun nyawa manusia dan diikuti dengan kerugian dari sisi ekonomi yang akan menghasilkan dampak yang sangat besar.

Salah satu bentuk kerusakan yang sering terjadi pada bangunan adalah keretakan yang disebabkan oleh getaran. Dalam penentuan tingkat kerusakan pada bangunan dilakukan pengukuran lebar retakan pada elemen yang mengalami retakan. Semakin besar lebar keretakan yang terjadi maka semakin tinggi tingkat kerusakan yang terjadi (Ariyanto, 2020).

Sedangkan salah satu indikator bangunan bertingkat semakin banyak digunakan karena keterbatasan lahan yang ada dan juga karena penghematan penggunaan lahan sehingga manusia mencari alternatif solusi dengan membangun. Penentuan tingkat kerusakan ditentukan dengan skk melihat tingkat skala angka 1-6, yang dimana nilai 1 menandakan kerusakan yang paling ringan, dan 6 merupakan tingkat kerusakan dengan nilai yang terbesar, yang menunjukkan bahwa kerusakan sudah memasuki pada tanah yang serius dan memerlukan perawatan yang kompleks (Nuswantoro & Raya, 2018).

Secara rinci untuk melihat indeks kerentanan tanah pada bangunan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Indeks Kerentanan Tanah

Klasifikasi Tanah		Frekuensi Dominan (Hz)	Klasifikasi Kanai	Deskripsi
Tipe	Jenis			
Tipe IV	Jenis I	6,7 - 20	Batuan terser atau lebih tua. Terdiri dari batuan <i>Hardy Sandy, gravel</i> , dll	Ketebalan sedimen permukaannya sangat tipis, didominasi oleh batuan keras
	Jenis II	4 -6,7	Batuan alluvial, dengan ketebalan 5m. Terdiri dari <i>sandy-gravel, sandy hard clay, loam</i> , dll	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori menengah 5 - 10 m
Tipe III	Jenis III	2,5 - 4	Batuan alluvial, dengan ketebalan > 5m. Terdiri dari <i>sandy-gravel, sandy hard clay, loam</i> , dll	Kategori sedimen permukaan masuk dalam kategori tebal, sekitar 10 - 30 m
Tipe II	Jenis IV	< 2,5	Batuan alluvial yang terbentuk dari sedimentasi delta, <i>top soil, lumpur</i> , dll. Dengan kedalaman 30 m atau lebih	Ketebalan sedimen permukaannya sangatlah tebal
Tipe I				

Selain ketahanan bangunan, tanah juga rentan terhadap gerakan baik dari dalam maupun dari luar bangunan yang akan menyebabkan getaran sehingga menimbulkan kerusakan pada bangunan, analisis kerawanan tanah pada daerah yang diindikasikan memiliki potensi dan kerentanan tinggi akan dilakukan melalui investigasi zona kerawanan tanah dengan beberapa analisa. Kerawanan tanah

terhadap getaran tanah akan berbeda-beda berdasarkan tipe dan jenis tanah termasuk dalam klasifikasi tanah, frekuensi domain, dan klasifikasi kanai

The International Organization for Standardization atau yang biasa kita kenal dengan “*ISO*” membuat standar kriteria bagi pemakai/pengguna gedung dan standar ini sering digunakan oleh berbagai negara maju seperti Inggris, Australia, Amerika Serikat, dll (Harefa, 2020, h.2). Ada Berbagai macam hal yang dapat terjadi yang menyebabkan bangunan tersebut terjadinya getaran, diantaranya :

- a) Berasal dari dalam bangunan seperti peralatan mesin (*elevators, escalators, troli, genset, mesin pompa, dan lain-lain*)serta aktivitas manusia di dalam gedung (Berjalan, meloncat, berlari, dan lain-lain)
- b) Berasal dari luar bangunan seperti lalu lintas kendaraan di jalan, kereta api, ledakan bom, aktivitas pembangunan di sekitaran gedung, angin kencang, dan gempa bumi.

Problematika antara kerusakan bangunan dengan intensitas getaran sering terjadi yang ditimbulkan baik dari dalam dan luar bangunan. Sunandar (2017, h. 12) dalam hasil penelitian Siswanto yang menyebutkan bahwa kerusakan yang terjadi bisa bervariasi dari yang sederhana seperti keretakan plesteran, keretakan dinding sampai keretakan pondasi. Mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 49 Tahun 1996 tentang baku tingkat getaran mekanik berdasarkan dampak kerusakan dimana tingkat kerusakan terbagi dari kategori A (tidak menimbulkan kerusakan), kategori B (kemungkinan keretakan plesteran, kategori C (kemungkinan rusak komponen struktur dinding pemikul beban) dan kategori D (rusak dinding pemikul beban).

Putra (2017) Sebuah peristiwa di tahun 2009 (Mw 7,6) mempengaruhi bangunan dan infrastruktur Padang, di mana lebih dari seratus ribu rusak parah, sedang, atau ringan. Studi sebelumnya telah menemukan bahwa cacat struktural pada bangunan beton bertulang tipikal adalah penyebab utama dari hasil kerusakan yang dahsyat. Data yang di wilayah Padang dengan Sampel bangunan dipilih secara acak di 3 kecamatan yang terdiri dari 10 desa (Nagari). Bangunan yang dipilih diselidiki untuk mengumpulkan informasi tentang dimensi tata letak, tinggi total bangunan, ukuran bukaan (jendela dan pintu), ketersediaan elemen struktural, ukuran dimensi struktural, dan penampang. Data diperoleh cacat bangunan sebelum dan sesudah gempa di wilayah Kabupaten Padang-Pariaman Sumatera Barat. Inspeksi dilakukan antara Juni 2019 hingga Agustus 2019. Tahun pembangunan gedung-gedung tersebar dari 1945 hingga 2019. Pada lahan yang sudah terbangun, getaran akan memberikan efek kerusakan yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat kekuatan bangunan (Sunandar, 2017, h. 12).

No	Defect list	Percentage of buildings suffered defects	
		Before the 2009 Earthquake	After the 2009 Earthquake
1	Structural Column is not available	3%	0%
2	Beam Element is not available	10%	7%
3	Deteriorated and Corroded Column	13%	7%
4	Deteriorated and Corroded Beam	10%	7%
5	Beam-Column Joint Area without Confinement	0%	7%
6	Masonry Wall Truss (Gunung-Gunung) without Confinement	10%	7%
7	Masonry Wall without Plaster made from Mortar	23%	13%
8	Concrete Cover thickness at Outer Structural Column less than 40 mm (Indonesia standard required at least 40 mm thickness)	27%	40%
9	Concrete Cover thickness at outer structural beam less than 40 mm (Indonesia standard required at least 40 mm thickness)	10%	17%

Gambar 1. Data Cacat Bangunan Sebelum dan Sesudah Gempa 2009

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 49 Tahun 1996 tentang pengaruh kerusakan struktur dan non- Monitoring Bangunan, 1) kerusakan pada struktur dapat membahayakan stabilitas bangunan, atau roboh. 2) kerusakan pada non struktur tidak membahayakan stabilitas bangunan tetapi bisa membahayakan penghuni (misal: robohnya dinding partisi, tidak merobohkan bangunan, tetapi bisa mencederai penghuni. Oleh sebab itu, untuk menjamin tingkat kenyamanan dan keselamatan maupun kesehatan penduduk yang rawan terhadap getaran dari luar bangunan ataupun dalam bangunan perlu adanya alat pendeteksi dan pengukuran tingkat getaran terhadap ketahanan bangunan yang dapat memberikan reaksi yang tepat dan dalam waktu yang terbatas.

Salah satu teknologi yang sering dipakai dalam pembuatan sistem berbasis teknologi terbaru adalah sistem informasi peringatan bencana *berbasis Internet of Thing (IoT)* yang memiliki banyak kelebihan diantaranya bisa bekerja otomatis, bekerja realtime 24 jam, yang nantinya data-data yang masuk dapat digunakan untuk antisipasi bencana di daerah-daerah lainnya dan juga bisa diintegrasikan dengan alat input output untuk dilakukan tindakan secara otomatis, sehingga penanganan maupun penanggulangan bencana dapat diantisipasi secepat mungkin (Bahari and Sugiharto, 2019).

Jejaring sosial, jaringan terdistribusi dan sistem waktu yang nyata menjadi komponen yang paling penting untuk yang baru di era komputer yaitu *Internet of Things (IoT)* (Zambrano et al, 2017). Menciptakan teknologi baru di era modern memberikan dampak positif bagi bisnis dan industri (Prasetyo, Zailuddin, and Iqbal, 2018). *IoT (Internet of Thing)* dapat didefinisikan kemampuan berbagai *device* yang bisa saling terhubung dan saling bertukar data melalui jaringan internet. *IoT*

merupakan sebuah teknologi yang memungkinkan adanya sebuah pengendalian, komunikasi, kerjasama dengan berbagai perangkat keras, data melalui jaringan internet (Siswanto, Ngatono, and Saputra, 2022).

Penelitian sebelumnya, menurut Edidas dkk (2022) telah mengembangkan suatu sistem menggunakan *Ethernet Shield* berbasis *IoT*, dimana modul ini digunakan untuk menghubungkan arduino uno ke internet. Modul *Ethernet* merupakan modul yang berfungsi sebagai *web server* atau sebagai perangkat yang dapat berkomunikasi dengan perangkat lain menggunakan TCP/IP (Dedi Satria dkk, 2017). Proses pengiriman data dilakukan secara *real time*, dimana data dari hasil baca sensor tegangan dan sensor arus akan dikirim ke aplikasi android. Menurut Yulkifli, dkk (2018) menyatakan bahwa sensor adalah perangkat yang mengubah besaran fisik menjadi besaran listrik.

Pada perkembangannya pendeteksi level getaran dapat menggunakan berbagai sensor maupun alat lainnya dalam merespon suatu getaran. Salah satunya Getaran sering dijumpai pada kehidupan sehari-hari, maka dari itu sistem pendeteksi level getaran mempunyai peranan yang sangat penting dalam berbagai penerapan, seperti alat untuk pendeteksi gempa bumi, analisa kerja mesin, analisa Monitoring Bangunan gedung bertingkat, pengeboran tambang minyak, analisa kekuatan getaran jembatan, dan lain sebagainya yang tentunya segala penerapan yang berhubungan dengan getaran (Saifudin, dkk. 2017).

Keberadaan instrumen pengukuran dan pengontrolan dalam sebuah industri, pembangunan bendungan dan pembangunan lainnya adalah sangat penting agar dapat memberikan peringatan dini atau *early warning* kepada pemakainya. Salah satunya adalah sensor. Sensor harus memiliki sensitivitas dan resolusi yang baik,

mudah dioperasikan dan harganya yang murah dan mudah diperoleh. Pengukuran getaran dengan frekuensi rendah sangat diperlukan dalam mendeteksi getaran di alam, seperti deteksi getaran bangunan, bendungan dan jembatan (Yulkifli, 2012).

Pada penelitian sebelumnya menurut Djamal, dkk (2018) telah dilakukan rancangan alat pendeteksi gempa dengan menggunakan sensor *accelerometer MPU6050* pada prototype berbasis *unbalanced mass*. Alat ini dirancang untuk mensimulasikan gempa bumi beserta metode pendeteksian gempa bumi. Sensor getaran adalah suatu alat yang dapat membaca suatu getaran, dimana getaran tersebut akan diubah menjadi tegangan listrik. Konsep sensor getaran adalah membaca nilai percepatan getaran yang dibaca menggunakan *accelerometer*. *Accelerometer* adalah sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan suatu benda. *Accelerometer* mengukur akselerasi dinamis dan statis.

Namun pada penelitian ini difokuskan terhadap deteksi respon getaran yang disebabkan oleh gempa bumi atau getaran yang disebabkan oleh alam dengan deteksi getaran tinggi. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Pengembangan Alat Ukur Getaran 3- Dimensi Menggunakan Sensor *Accelerometer* Berbasis *Internet Of Things* Untuk Monitoring Bangunan” alat ukur getaran dari konvensional ke arah komersial dengan 3-Dimensi berbasis sensor *Accelerometer* untuk mempermudah dalam pendeteksian dan pengakuisisian data serta mengurangi kesalahan data terhadap getaran rendah yang bisa terjadi karena gerakan aktivitas manusia yang berefek pada ketahanan Monitoring Bangunan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjabaran latar belakang masalah diatas, maka dapat ditarik suatu rumusan masalah dalam penelitian ini, Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

- a) Bagaimana spesifikasi desain alat ukur getaran 3-Dimensi menggunakan sensor *Accelerometer* berbasis *Internet of Things* untuk Monitoring Bangunan ?
- b) Bagaimana spesifikasi performansi alat ukur getaran 3-Dimensi menggunakan sensor *Accelerometer* berbasis *Internet of Things* untuk Monitoring Bangunan ?

C. Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu alat ukur getaran pada sebuah bangunan, secara khusus penelitian ini bertujuan:

- a) Menentukan spesifikasi desain alat ukur getaran 3-Dimensi menggunakan sensor *accelerometer* berbasis *Internet of Things* untuk Monitoring Bangunan.
- b) Menentukan spesifikasi performansi alat ukur getaran 3-Dimensi menggunakan sensor *accelerometer* berbasis *Internet of Things* untuk implementasi.

D. Batasan Masalah

Mengingat cakupan dari permasalahan ini cukup luas maka untuk memfokuskan dalam proses penelitian ini maka dibuat pembatasan masalah sebagai berikut :

- a) Sistem yang dibuat hanya dapat memonitor getaran yang terjadi pada sebuah bangunan untuk mengontrol ketahanan bangunan pada suatu getaran.
- b) Pengujian alat dilakukan pada skala laboratorium, dengan membandingkan alat ukur yang dirancang dengan alat ukur standar pada sebuah bangunan.
- c) Data pengujian sistem dilakukan untuk memberikan informasi ketahanan bangunan terhadap suatu getaran.
- d) Board untuk menghubungkan ke internet menggunakan *NodeMCU EPS32*.

E. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat pada:

- a) Pemerintahan pusat maupun daerah, dalam pemantauan kondisi suatu wilayah.
- b) Bidang kajian elektronika dan instrumentasi ataupun jurusan fisika, sebagai acuan pengembangan ilmu dan teknologi sehingga menghasilkan inovasi yang baru.
- c) Peneliti lain, sebagai acuan dalam pengembangan penelitian selanjutnya.