



**Institut Teknologi Nasional Malang**

**SKRIPSI – TEKNIK ELEKTRONIKA KENDALI DAN INSTRUMENTASI**

**ANALISA PERBANDINGAN KEMAMPUAN SENSOR  
ACCELEROMETER DAN SENSOR PIEZOELEKTRIK  
DALAM SISTEM PERINGATAN DINI  
BENCANA GEMPA BUMI**

**Yoses Manuel  
NIM 2112033**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT.  
Bima Romadhon Parada Dian Palevi, ST., MT.**

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Nasional Malang  
Januari 2025**



**Institut Teknologi Nasional Malang**

**SKRIPSI – TEKNIK ELEKTRONIKA KENDALI DAN INSTRUMENTASI**

**ANALISA PERBANDINGAN KEMAMPUAN SENSOR  
ACCELEROMETER DAN SENSOR PIEZOELEKTRIK  
DALAM SISTEM PERINGATAN DINI  
BENCANA GEMPA BUMI**

**Yoses Manuel  
NIM 2112033**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT.  
Bima Romadhon Parada Dian Palevi, ST., MT.**

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Nasional Malang  
Januari 2025**



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG


Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Yoses manuel  
NIM : 2112033  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Peminatan : Elektronika Kendali dan Instrumentasi  
Masa Bimbingan : Semester Ganjil 2024/2025  
Judul Skripsi : Analisa Perbandingan Kemampuan Sensor  
Accelerometer dan Sensor Piezoelektrik Dalam  
Sistem Peringatan Dini Bencana Gempa Bumi  
Diperlihatkan dihadapan Majelis Penguji Jenjang Strata Satu (S-1) pada:  
Hari : Jumat  
Tanggal : 31 januari 2025  
Nilai : **80.05+**

Majelis Penguji

Ketua

  
Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT.  
NIP. Y. 1030400475

Anggota penguji

Dosen Penguji 1

  
Dr. Michael Ardita, ST., MT.  
NIP. P. 1031000434

Dosen Penguji 2

  
M. Ibrahim Ashari, ST., MT.  
NIP. P. 1030100358

**ANALISA PERBANDINGAN KEMAMPUAN SENSOR  
ACCELEROMETER DAN SENSOR PIEZOELEKTRIK  
DALAM SISTEM PERINGATAN DINI  
BENCANA GEMPA BUMI**

**SKRIPSI**

**Yoses Manuel**

**2112033**

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagaian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada**

**Program Studi Teknik Elektronika Kendali Dan Instrumentasi  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Nasional Malang**

**Diperiksa Dan Disetujui:**

**Dosen Pembimbing I**



**Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT.**  
**NIP. Y. 1030400475**

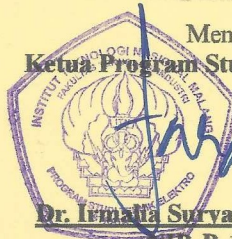
**Dosen Pembimbing II**



**Bima Romadhon Parada Dian Palevi, ST., MT.**  
**NIP. P. 1031900575**

**Mengetahui:**

**Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1**



**Dr. Irmata Suryani Faradisa, ST., MT.**  
**NIP. P. 1030000365**

**MALANG**  
**Februari, 2025**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas karunia kuasanya, penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, ITN Malang. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih memiliki kekurangan. Karenanya, penulis kan kritik dan saran yang membangun dalam rangka pembelajaran terus-menerus. Banyak pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT. selaku Dosen Pembimbing 1.
2. Bapak Bima Romadhon Parada Dian Palevi, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing 2.
3. Ibu Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Elektro ITN Malang.
4. Bapak dan Ibu Dosen Elektro S1 yang senantiasa membantu setiap kesulitan yang penulis temui.
5. Kedua orang tua atas cinta dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

Dan semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini, namun tidak dapat disebutkan satu persatu. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat yang seluas-luasnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan. Panjang umur perjuangan, Panjang umur pengetahuan.

Malang, Februari 2025

Penulis

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yoses Manuel  
NIM : 2112033  
Jurusan /Peminatan : Elektronika Kendali dan Instrumentasi  
ID KTP / Paspor : 3514113004010002  
Alamat : Dusun Jetak RT 8 RW 10, Karangjati,  
Pandaan, Kabupaten Pasuruan  
Judul Skripsi : Analisa Perbandingan Kemampuan Sensor  
Accelerometer dan Sensor Piezoelektrik  
Dalam Sistem Peringatan Dini Bencana  
Gempa Bumi

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat merupakan hasil karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari orang lain. Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain kecuali dicantumkan sumber yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Apabila ternyata di dalam skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiarisme, maka saya bersedia skripsi ini di gugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S-1) di batalkan, serta di proses sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, 10 Maret 2025  
Yang membuat pernyataan



(Yoses Manuel)  
2112033

## ABSTRAK

# ANALISA PERBANDINGAN KEMAMPUAN SENSOR ACCELEROMETER DAN SENSOR PIEZOELEKTRIK DALAM SISTEM PERINGATAN DINI BENCANA GEMPA BUMI

Yoses Manuel, NIM : 2112033

Dosen Pembimbing I : Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT

Dosen Pembimbing II : Bima Romadhon Parada Dian Palevi, ST., MT.

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang disebabkan oleh pelepasan energi secara tiba-tiba dari dalam bumi, yang menghasilkan gelombang seismik. Wilayah Indonesia saat ini rentan terhadap gempa vulkanik dan tektonik akibat Cincin Api Pasifik, di mana lempeng tektonik Indo-Australia bertabrakan dengan lempeng tektonik Pasifik. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis komparatif antara sistem peringatan dini bencana gempa bumi yang menggunakan sensor Akselerometer dan sensor Piezoelektrik. Dua jenis sensor yang digunakan adalah Accelerometer IMU 9 DOF untuk mengukur percepatan gerak tanah dan sensor Piezoelektrik untuk mengukur getaran. Menggunakan ESP32 yang memproses data sensor dan mengirim data ke Google Spreadsheet menggunakan modul Wi-Fi secara real-time. Data pengambilan sampel dari pembacaan masing-masing sensor akan digunakan untuk menentukan penggunaan sensor yang paling akurat untuk mendeteksi gempa bumi. Pada hasil perbandingan kedua sensor tersebut, rata-rata persentase kesalahan dimana sensor Accelerometer dengan error sebesar 0,104% dan sensor piezoelektrik dengan error sebesar 100% karena piezoelektrik memiliki akurasi getaran yang sangat rendah sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor Accelerometer lebih akurat daripada piezoelektrik.

**Kata Kunci** – Gempa bumi, sensor accelerometer, sensor vibrasi

## **ABSTRACT**

# **COMPARATIVE ANALYSIS OF ACCELEROMETER SENSOR AND PIEZOELECTRIC SENSOR CAPABILITIES IN THE EARLY WARNING SYSTEM EARTHQUAKE DISASTER**

**Yoses Manuel, NIM : 2112033**

**Supervisor I : Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT**

**Supervisor II : Bima Romadhon Parada Dian Palevi, ST., MT.**

An earthquake is a vibration or shock caused by a sudden release of energy from within the earth, which produces seismic waves. The Indonesian region is currently vulnerable to volcanic and tectonic earthquakes due to the Pacific Ring of Fire, where the Indo-Australian tectonic plate collides with the Pacific tectonic plate. So this study aims to conduct a comparative analysis between earthquake disaster early warning systems that use sensors Accelerometers and Piezoelectric sensors. The two types of sensors used are an Accelerometer IMU 9 DOF to measure the acceleration of ground motion and a Piezoelectric sensor to measure vibration. Using the ESP32 which processes sensor data and sends data to Google Sheets using the Wi-Fi module in real-time. Sampling data from the readings of each sensor will be used to determine the most accurate use of sensors for detecting earthquakes. In the results of the comparison of the two sensors, the average percentage of errors where the sensor Accelerometer with an error of 0.104% and a piezoelectric sensor with an error of 100% because piezoelectric has a very low vibration accuracy so that it can be concluded that the Accelerometer sensor is more accurate than the piezoelectric.

**Keywords** – Earthquake, accelerometer sensor, vibration sensor



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Gempa Bumi .....	6
2.3 Magnitudo .....	7
2.4 Skala Richter .....	9
2.5 ESP-32.....	11
2.6 Sensor Modul Piezoelektrik .....	13
2.7 Sensor IMU 9 DOF .....	14
2.8 Kabel Jumper.....	16
2.9 PCB Matrix Board.....	17
2.10 Arduino IDE.....	18
2.11 Draw IO.....	19
2.12 Google Spreadsheet.....	20
2.13 Vibrometer.....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>23</b>
3.1 Objek dan Subjek Penelitian .....	23

3.2	Alat dan Bahan Penelitian .....	23
3.2.1	Hardware .....	23
3.2.2	Software.....	26
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	28
3.3.1	Studi Literatur.....	29
3.3.2	Perumusan masalah .....	29
3.3.3	Tahap Perancangan .....	29
3.3.3.1	<i>Pengumpulan Alat dan BAHAN</i> .....	29
3.3.3.2	<i>Perancangan Hardware</i> .....	29
3.3.3.3	<i>Perancangan Software</i> .....	33
3.3.4	Pengujian Alat.....	40
3.3.5	Pengumpulan Data.....	40
3.3.6	Analisis Data.....	42
3.3.7	Laporan Penulisan .....	43
	<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>45</b>
4.1	Teknik Pengujian.....	45
4.2	Hasil Perancangan Hardware .....	45
4.3	Hasil Perancangan Software.....	46
4.4	Pengambilan Data .....	46
4.5	Data Sampling.....	47
4.6	Analisis Data .....	48
4.7	Perbandingan Grafik .....	49
	<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>53</b>
5.1	Kesimpulan.....	53
5.2	Saran.....	53
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>55</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>58</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b>	(a) Gempa Tektonik, (b) Gempa Vulkanik, (c) Gempa Runtuhan .....	7
<b>Gambar 2. 2</b>	ESP-32 .....	12
<b>Gambar 2. 3</b>	Sensor Modul Piezoelektrik .....	14
<b>Gambar 2. 4</b>	Sensor IMU 9 DOF .....	16
<b>Gambar 2. 5</b>	Kabel Jumper .....	17
<b>Gambar 2. 6</b>	PCB Matrix .....	18
<b>Gambar 2. 7</b>	Arduino IDE.....	19
<b>Gambar 2. 8</b>	Draw IO .....	20
<b>Gambar 2. 9</b>	Google Spreadsheet.....	21
<b>Gambar 3. 1</b>	Diagram Alir Penelitian .....	28
<b>Gambar 3. 2</b>	Blok Diagram.....	30
<b>Gambar 3. 3</b>	Skema Rangkaian IMU 9 DOF .....	30
<b>Gambar 3. 4</b>	Skema Rangkaian Piezoelektrik.....	31
<b>Gambar 3. 5</b>	Flowchart Sistem .....	32
<b>Gambar 3. 6</b>	Flowchart Perancangan ESP-32.....	33
<b>Gambar 3. 7</b>	Library WIFI.....	35
<b>Gambar 3. 8</b>	Rumus Accelerometer .....	35
<b>Gambar 3. 9</b>	Rumus Vibrasi.....	35
<b>Gambar 3. 10</b>	Variable Vibrasi.....	36
<b>Gambar 3. 11</b>	Variable Accelerometer .....	36
<b>Gambar 3. 12</b>	Tampilan Spreadsheet .....	36
<b>Gambar 3. 13</b>	Flowchart Google Spreadsheet .....	37
<b>Gambar 3. 14</b>	Desain Spreadsheet .....	39
<b>Gambar 3. 15</b>	Deklarasi Kolom A dan B .....	39
<b>Gambar 3. 16</b>	Deklarasi Kolom C dan D.....	39
<b>Gambar 3. 17</b>	Deployment ID.....	40
<b>Gambar 4. 1</b>	Teknik Pengujian.....	45
<b>Gambar 4. 2</b>	Hasil Perancangan Hardware .....	45
<b>Gambar 4. 3</b>	Hasil Perancangan Software .....	46
<b>Gambar 4. 4</b>	Hasil Grafik IMU 9 DOF .....	49
<b>Gambar 4. 5</b>	Hasil Grafik Piezoelektrik.....	50
<b>Gambar 4. 6</b>	Hasil Grafik Vibrometer.....	50
<b>Gambar 4. 7</b>	Sampling Rate.....	51

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Kondisi Gempa Bumi.....	8
<b>Tabel 2. 2</b> Daftar besaran Skala Richter.....	10
<b>Tabel 2. 3</b> Spesifikasi ESP-32 .....	12
<b>Tabel 2. 4</b> Spesifikasi Sensor Modul Piezoelektrik.....	13
<b>Tabel 2. 5</b> Spesifikasi Sensor IMU 9 DOF.....	15
<b>Tabel 3. 1</b> Daftar Kebutuhan Hardware .....	23
<b>Tabel 3. 2</b> Daftar Kebutuhan Software.....	26
<b>Tabel 3. 3</b> Pin Wiring Piezoelektrik .....	31
<b>Tabel 3. 4</b> Pin Wiring IMU 9 DOF.....	31
<b>Tabel 3. 5</b> Data Sensor Accelerometer dan Piezoelektrik .....	41
<b>Tabel 3. 6</b> Data Aplikasi Vibrometer.....	41
<b>Tabel 3. 7</b> Pengujian Sensor Accelerometer.....	42
<b>Tabel 3. 8</b> Pengujian Sensor Piezoelektrik.....	42
<b>Tabel 4. 1</b> Data Sensor .....	47
<b>Tabel 4. 2</b> Data Sampling.....	47
<b>Tabel 4. 3</b> Analisis Data Accelerometer.....	48
<b>Tabel 4. 4</b> Analisis Data Piezoelektrik .....	49