

**RANCANG BANGUN ALAT MUSIK GENDANG TAGANING ELEKTRIK
MENGUNAKAN SENSOR PIEZOELEKTRIKBERBASIS *TEENSY 4.1***



**GUNAWAN SITUMEANG
NIM. 21034013/2021**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2025**

**RANCANG BANGUN ALAT MUSIK GENDANG TAGANING ELEKTRIK
MENGUNAKAN SENSOR PIEZOELEKTRIKBERBASIS *TEENSY 4.1***

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Sains*



Oleh:
GUNAWAN SITUMEANG
NIM. 21034013/2021

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2025**

PERSETUJUAN SKRIPSI

RANCANG BANGUN ALAT MUSIK GENDANG TAGANING ELEKTRIK MENGUNAKAN SENSOR PIEZOELEKTRIKBERBASIS *TEENSY 4.1*

Nama : Gunawan Situmeang
NIM : 21034013
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 29 Oktober 2025

Mengetahui:
Ketua Departemen Fisika

Disetujui Oleh:
Pembimbing

Prof. Dr. Asrizal, M.Si
NIP. 19660603 199203 1 001

Prof. Yohandri, M.Si., Ph.D
NIP. 19780725 200604 1 003

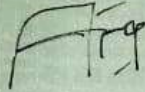
PERSETUJUAN SKRIPSI

**RANCANG BANGUN ALAT MUSIK GENDANG TAGANING ELEKTRIK
MENGUNAKAN SENSOR PIEZOELEKTRIKBERBASIS *TEENSY 4.1***

Nama : Gunawan Situmeang
NIM : 21034013
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

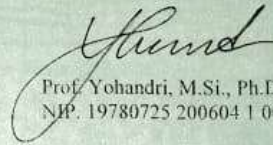
Padang, 6 November 2025

Mengetahui:
Ketua Departemen Fisika



Prof. Dr. Asrizal, M.Si
NIP. 19660603 199203 1 001

Disetujui Oleh:
Pembimbing



Prof. Yohandri, M.Si., Ph.D
NIP. 19780725 200604 1 003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Gunawan Situmeang
NIM : 21034013
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

RANCANG BANGUN ALAT MUSIK GENDANG TAGANING ELEKTRIK MENGUNAKAN SENSOR PIEZOELEKTRIKBERBASIS *TEENSY 4.1*

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

Padang, 29 Oktober 2025

Tim Penguji

	Nama	Tanda tangan
Ketua	: Prof. Yohandri, M.Si., Ph.D	_____
Anggota	: Dr. Ahmad Fauzi, M.Si	_____
Anggota	: Prof. Pakhrur Razi, S.Pd, M.Si, Ph.D	_____

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Gunawan Situmeang
NIM : 21034013
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**RANCANG BANGUN ALAT MUSIK GENDANG TAGANING ELEKTRIK
MENGUNAKAN SENSOR PIEZOELEKTRIKBERBASIS *TEENSY 4.1***

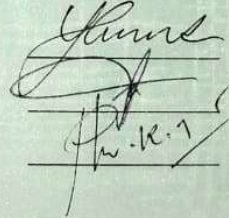
Dinyatakan Lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 6 November 2025

Tim Penguji

	Nama
Ketua	: Prof. Yohandri, M.Si., Ph.D
Anggota	: Dr. Ahinad Fauzi, M.Si
Anggota	: Prof. Pakhrur Razi, S.Pd, M.Si, Ph.D

Tanda tangan



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gunawan Situmeang
NIM : 21034013
Program Studi : Fisika NK
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa, skripsi saya dengan judul “Rancang Bangun Alat Musik Gendang Taganing Elektrik Menggunakan Sensor Piezoelektrik Berbasis *Teensy 4.1*” adalah benar merupakan karya sendiri, bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang ditulis dan diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

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

Padang, 29 Oktober 2025

Saya yang menyatakan,

Gunawan Situmeang
NIM. 21034013

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gunawan Situmeang

NIM : 21034013

Program Studi : Fisika NK

Departemen : Fisika

Fakultas : Matematika Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa, skripsi saya dengan judul “Rancang Bangun Alat Musik Gendang Taganing Elektrik Menggunakan Sensor Piezoelektrik Berbasis *Teensy 4.1*” adalah benar merupakan karya sendiri, bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang ditulis dan diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

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

Padang, 29 Oktober 2025

ang menyatakan,

Gunawan Situmeang
NIM. 21034013

RANCANG BANGUN ALAT MUSIK GENDANG TAGANING ELEKTRIK MENGUNAKAN SENSOR PIEZOELEKTRIK BERBASIS *TEENSY 4.1*

Gunawan Situmeang

ABSTRAK

Taganing adalah alat musik tradisional Batak Toba yang terdiri dari enam gendang melodis dan memiliki peran penting dalam ansambel Gondang sabangunan. Ukuran yang besar, keterbatasan fisik, dan aksesibilitas yang rendah membuat alat musik ini sulit dipelajari dan dilestarikan oleh generasi muda. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan Gendang Taganing elektrik menggunakan sensor piezoelektrik dan mikrokontroler *Teensy 4.1* guna menghasilkan instrumen yang lebih praktis, ringan, dan responsif, namun tetap mempertahankan karakteristik nada tradisionalnya. Inovasi ini diharapkan dapat menjadi solusi modern untuk mendukung pelestarian musik Batak Toba.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode rekayasa, yang meliputi tahap perancangan sistem, perakitan prototipe, dan pengujian kinerja alat. Sistem Gendang Taganing elektrik dirancang dengan mengintegrasikan sensor piezoelektrik sebagai pendeteksi getaran pukulan, mikrokontroler *Teensy 4.1* sebagai pengolah sinyal utama, serta modul I2S DAC UDA1334A untuk menghasilkan keluaran audio. Pengujian dilakukan melalui karakterisasi sensor, perekaman dan analisis frekuensi nada, serta pengukuran tingkat ketepatan dan ketelitian hasil bunyi yang dibandingkan dengan Gendang Taganing tradisional.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem Gendang Taganing elektrik mampu menghasilkan suara dengan tingkat akurasi sebesar 98,39% terhadap Gendang Taganing tradisional, dengan persentase kesalahan rata-rata sebesar 1,59% dan ketelitian mencapai 99% pada nada uji. Sistem ini juga menunjukkan respons yang cepat dan stabil terhadap tekanan pada pad, sehingga mampu merepresentasikan karakteristik suara Gendang Taganing secara realistis. Dengan demikian, alat musik ini menjadi inovasi teknologi yang efektif untuk mendukung pelestarian budaya Batak Toba melalui pendekatan modern berbasis mikrokontroler.

Kata Kunci: Taganing Elektrik, Piezoelektrik, *Teensy 4.1*, I2S DAC, Instrumen Musik Tradisional.

RANCANG BANGUN ALAT MUSIK GENDANG TAGANING ELEKTRIK MENGUNAKAN SENSOR PIEZOELEKTRIK BERBASIS *TEENSY 4.1*

Gunawan Situmeang

ABSTRACT

Taganing is a traditional Batak Toba musical instrument consisting of five melodic drums that play an important role in the Gondang Sabangunan ensemble. However, its large size, physical limitations, and low accessibility make it difficult for younger generations to learn and preserve this instrument. This study aims to design and develop an Electric Gendang Taganing using a piezoelectric sensor and a Teensy 4.1 microcontroller to produce a more practical, lightweight, and responsive instrument while maintaining its original tonal characteristics. This innovation is expected to serve as a modern solution to support the preservation of Batak Toba traditional music.

The research employed an engineering method consisting of system design, prototype assembly, and performance testing. The electric Gendang Taganing system integrates piezoelectric sensors as vibration detectors, the Teensy 4.1 microcontroller as the main signal processor, and the I2S DAC UDA1334A module for audio output generation. Testing procedures included sensor characterization, sound recording and frequency analysis, as well as measurement of the accuracy and precision of the produced tones compared to the traditional Gendang Taganing.

The results indicate that the Electric Gendang Taganing system is capable of producing sounds with an accuracy rate of 98.39% compared to the traditional Gendang Taganing, with an average error percentage of 1.59% and precision reaching up to 99% for tested tones. The system also demonstrates fast and stable response to pad pressure, successfully reproducing the tonal characteristics of the traditional Taganing. Therefore, this musical instrument represents an effective technological innovation to support the preservation of Batak Toba culture through a modern, microcontroller-based approach.

Keywords: Electric Taganing, Piezoelectric, Teensy 4.1, I2S DAC, Traditional Musical Instrument.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Rancang Bangun Alat Musik Gendang Taganing Menggunakan Sensor Piezoelektrik Berbasis *Teensy 4,1*”.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Yohandri, M.Si., Ph.D sebagai Pembimbing yang telah memberikan pikiran, waktu, dan tenaga untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Dr. Ahmad Fauzi, M.Si dan Prof. Pakhrur Razi, S.Pd, M.Si., Ph.D sebagai tim dosen penguji yang telah memberikan arahan serta saran dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ahmad Fauzi, M.Si sebagai dosen Penasehat Akademik (PA) yang telah memberikan saran dan masukan selama menempuh perkuliahan.
4. Bapak Prof. Dr. Asrizal, M.Si sebagai Ketua Departemen Fisika
5. Bapak Dr. Harman Amir, S.Si Sebagai Koordinator Prodi Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
6. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang

7. Staf administrasi dan laboran di laboratorium fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
8. Kedua orang tua, kakak, abang, adik dan seluruh keluarga besar yang telah memberikan doa, semangat, motivasi, dan dukungan kepada penulis dalam melakukan setiap aktivitas perkuliahan.
9. Keluarga besar Departemen Fisika, terutama teman-teman Departemen Fisika angkatan 2021 yang telah banyak membantu.

Semoga bantuan yang Bapak/Ibu serta rekan-rekan berikan, bernilai ibadah, dan mendapatkan pahala dari Yang Maha Kuasa. Penulis berharap skripsi ini bisa memberikan manfaat bagi semua orang yang membacanya.

Padang, 29 Oktober 2025

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	5
C. Rumusan Masalah	6
D. Tujuan Penelitian	6
E. Batasan Masalah	6
F. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Gendang Taganing	8
B. Sensor Piezoelektrik.....	15
C. <i>Teensy 4.1</i>	18
D. I2S UDA1334A	19
E. Rangkaian Pengondisian Sinyal Piezoelektrik.....	20
F. Evaluasi Performa Instrumen.....	22
G. Penelitian Relevan	25

BAB III METODE PENELITIAN	26
A. Jenis Penelitian.....	26
B. Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
C. Variabel Penelitian.....	27
D. Instrumen Penelitian	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
A. Hasil Penelitian	42
B. Pembahasan.....	59
BAB V PENUTUP.....	66
A. Kesimpulan	66
B. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bagian-bagian gendang taganing tradisional	8
Gambar 2. Sensor Piezoelektrik.....	16
Gambar 3. Sifat Piezoelektrisitas	17
Gambar 4. Mikrokontroler Teensy.....	18
Gambar 5. Skema Pins Out Mikrokontroler Teensy 4.1	19
Gambar 6. I2S UDA1334A.....	20
Gambar 7. Rangkaian pengondisian sinyal.....	21
Gambar 8. Langkah-langkah penelitian rekayasa	30
Gambar 9. Susunan sistem Taganing Elektrik	32
Gambar 10. Desain 3D Gendang Taganing elektrik	34
Gambar 11. <i>Flowchart</i> Rancangan Perangkat Mikrokontroler.....	35
Gambar 12. Karakterisasi Sensor Piezoelektrik Dengan Alat Ukur Multimeter	43
Gambar 13. Karakterisasi Sensor Piezoelektrik Terhadap Perubahan Tekanan	44
Gambar 14. Rangkaian Elektronik Sistem.....	45
Gambar 15. Desain Sistem Gendang Taganing	47
Gambar 16. Mekanik Gendang Taganing	48
Gambar 17. Langkah-Langkah Perekaman Bunyi Gendang Taganing	49
Gambar 18. Rekaman Bunyi Gendang Taganing Nada C4 dan D#2.....	49
Gambar 19. Hasil Analisis Bunyi Gendang Taganing Nada C4.....	50
Gambar 20. Hasil Analisis Bunyi Gendang Taganing Nada D#2.....	50
Gambar 21. Ketepatan Frekuensi Nada Gendang Taganing.....	52

Gambar 22. Ketepatan Frekuensi Nada Gendang Taganing	54
Gambar 23. Rekaman Ketelitian Nada Gendang Taganing Elektrik a), nada D#4, b), nada F3, dan c), nada D#2.....	55
Gambar 24. Ketelitian Gendang Taganing Pada Nada D#4, F3, dan D#2.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Alat Penelitian.....	28
Tabel 2. Bahan Penelitian	29
Tabel 3. <i>Software</i> Penelitian	29
Tabel 4. Pernyataan uji praktikalitas taganing elektrik.....	39
Tabel 5. Bobot Pernyataan Uji Praktikalitas	40
Tabel 6. Kriteria Pemberian Nilai Praktikalitas	41
Tabel 7. Data Karakteristik Sensor Piezoelektrik Terhadap Perubahan Tekanan	43
Tabel 8. Data Ketepatan Gendang Taganing Elektrik Dengan Tradisional.....	53
Tabel 9. Data ketelitian frekuensi Gendang taganing elektrik untuk nada D#4	55
Tabel 10. Data ketelitian frekuensi Gendang taganing elektrik untuk nada F3	56
Tabel 11. Data ketelitian frekuensi Gendang taganing elektrik untuk nada D#2	56
Tabel 12. Data uji praktikalitas gendang taganing elektrik.....	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian.....	73
Lampiran 2. Angket Uji Praktikalitas	74
Lampiran 3. Program sistem menggunakan Bahasa C++	75

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang kaya akan ragam budaya, suku bangsa, dan tradisi, serta terdiri dari beberapa provinsi, di mana setiap provinsi memiliki ciri khas yang berbeda yang tercermin pada pola dan gaya hidup warganya. Namun, perbedaan-perbedaan tersebut bersatu menjadi satu kesatuan sesuai semboyan negara, Bhinneka Tunggal Ika, yang artinya “berbeda-beda tetapi tetap satu”. Indonesia memiliki beragam seni tradisional yang tersebar di seluruh nusantara (Rodríguez & Velastequí, 2019). Seni budaya, terutama seni tradisional, merupakan bentuk ekspresi yang berakar pada lingkungan masyarakat tempat seni itu tumbuh dan berkembang. Seni budaya dapat menciptakan serta mendorong rasa kebersamaan di antara warga masyarakat (Windi et al., 2019). Musik tradisional Batak memiliki peran yang sangat penting dalam melestarikan budaya Nusantara. Salah satu instrumen khasnya adalah Taganing, yang merupakan salah satu instrumen pukul dari sekian banyak instrumen pukul tradisional Batak Toba. Taganing dimainkan dengan cara dipukul menggunakan palu-palu (*stick*) dan terdiri dari enam gendang yang dibuat berbentuk tabung melengkung (*barrel*) atau tabung lurus (*cylindrical*). Keenam gendang tersebut memiliki nama masing-masing secara berurutan, yaitu Tingting (gendang paling kecil), Paidua Tingting, Paitonga, Paidua Odap, Odap, dan Odap-odap (gendang paling besar) (Malau & Suyanto, 2020). Budaya Batak tidak lepas dari para leluhurnya, terutama saat pelaksanaan upacara adat yang begitu sakral. Tidak hanya adat, alat musik tradisional

juga memiliki kekuatan spiritual yang penting. Dalam pelestarian musik tradisional saat ini, seperti gendang Taganing, terdapat berbagai tantangan. Selain ukurannya yang besar dan berat, gendang Taganing juga sulit diakses karena tidak semua daerah memilikinya. Hal ini mengakibatkan keterbatasan dalam pembelajaran dan apresiasi musik tradisional, terutama bagi generasi muda yang merantau atau tinggal di perkotaan maupun di luar daerah asalnya (Sumatera Utara). Situasi ini diperparah oleh kurangnya inovasi dalam adaptasi instrumen tradisional dengan teknologi modern, sehingga instrumen tersebut sulit bersaing dengan alat musik elektrik yang lebih praktis dan mudah diakses. Di era modern ini, musik terus berkembang dan genre baru tercipta seiring kemajuan teknologi. Musik merupakan bagian dari kebudayaan manusia yang tidak lepas dari kehidupan sehari-hari dan menjadi suatu kebutuhan tersendiri. Dipicu oleh kebutuhan tersebut, terciptalah genre musik baru yang lebih modern untuk menyesuaikan dengan perkembangan teknologi. Sayangnya, musik tradisional mulai ditinggalkan dan tidak lagi dianggap sebagai primadona (Adam et al., 2022).

Simbolon, R. I., (2018) melakukan penelitian mengenai rancang bangun Taganing elektrik menggunakan sensor piezoelektrik dengan algoritma *fuzzy logic* berbasis Arduino Mega. Penelitian ini berhasil merancang alat musik Taganing elektrik yang dapat dimainkan dengan cara dipukul menggunakan stik, di mana sensor piezoelektrik digunakan untuk mengidentifikasi nada pada Taganing. Alat musik ini mampu menghasilkan suara Taganing yang dapat dipadukan dengan teknologi musik modern, sehingga eksistensi musik tradisional menjadi lebih mudah diterima. Namun, penelitian tersebut memiliki beberapa kelemahan, antara lain penggunaan mikrokontroler Arduino Mega yang memiliki kecepatan pemrosesan terbatas (16 MHz)

dan RAM yang kecil (8 KB), sehingga tidak mampu menangani pemrosesan data secara real-time dengan optimal. Selain itu, algoritma *fuzzy logic* yang digunakan memerlukan sumber daya komputasi yang besar, yang dapat menyebabkan latensi dalam menghasilkan suara. Keterbatasan ini membuat alat musik Taganing elektrik kurang responsif dan kurang mampu menangani input yang kompleks.

Penelitian lain dilakukan oleh An Nisa Ulva (2019) mengenai pembuatan alat musik Talempong elektrik menggunakan sensor piezoelektrik berbasis Raspberry Pi. Namun, dalam proses perakitan alat musik tersebut ditemukan bahwa ketika dua pad dipukul secara bersamaan, suara yang dihasilkan mengalami delay sehingga hanya satu nada terdengar. Selain itu, program yang dijalankan pada Raspberry Pi juga dapat memengaruhi terjadinya *delay* jika kode program tidak dioptimalkan dengan baik, waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan suara akan menjadi lebih lama.

Penelitian lain dilakukan oleh Adam et al. (2022) mengenai rancang bangun Kangkanung elektrik dengan sensor piezo berbasis mikrokontroler. Penelitian ini berhasil merancang dan membangun alat musik Kangkanung elektrik yang menggunakan 10 sensor piezoelektrik dan mampu menerima intensitas kekuatan pukulan dengan level *velocity* serta pentatonik La, Do, Re, Mi, dan Sol. Namun, terdapat kendala dalam tempo, di mana Kangkanung elektrik tidak dapat dimainkan lebih dari 200 bpm dengan birama 4/4. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan mikrokontroler yang digunakan, yaitu Arduino Mega 2560, yang memiliki kecepatan proses maksimal 16 MHz dan RAM terbatas sebesar 8 KB, sehingga tidak mampu melakukan proses *multitasking*.

Untuk menyempurnakan penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan merancang alat musik Gendang Taganing elektrik dengan memanfaatkan sensor piezoelektrik berbasis mikrokontroler *Teensy 4.1*. Keunggulan utama penelitian ini terletak pada penggunaan *Teensy 4.1*, yang memiliki kemampuan pemrosesan jauh lebih tinggi dibandingkan mikrokontroler Arduino Mega maupun Raspberry Pi. *Teensy 4.1* dilengkapi dengan prosesor ARM Cortex-M7 yang berkecepatan 600 MHz (Stoffregen & Coon, 2024), jauh lebih cepat dibandingkan prosesor Arduino Mega 2560 yang hanya 16 MHz. Kecepatan pemrosesan ini sangat penting untuk menangani data real-time dari sensor piezoelektrik secara efisien, sehingga suara yang dihasilkan oleh Gendang Taganing elektrik terdengar lebih responsif dan realistis. Selain itu, penggunaan *Teensy 4.1* memungkinkan sistem menangani input dari sensor piezoelektrik dengan lebih baik, mengurangi kemungkinan *delay* atau kelambatan dalam menghasilkan suara. Hal ini memberikan pengalaman bermain yang lebih mendekati Gendang Taganing asli, sehingga nilai esensial dari alat musik tradisional tetap terjaga. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, inovasi ini fokus pada alat musik Taganing yang memiliki karakteristik dan tantangan berbeda.

Mikrokontroler *Teensy 4.1* merupakan model terbaru, dan kinerja mikrokontroler yang lebih cepat memungkinkan sistem berfungsi dengan baik. *Teensy 4.1* memiliki 18 pin analog dan 55 pin digital. Perangkat ini dapat mengkonversi audio secara langsung dan real-time, sehingga membantu mengatasi *delay* pada alat musik elektrik (Aris Saputra et al., 2019). *Teensy 4.1* juga meningkatkan kemampuan dalam menerapkan koreksi penundaan yang efektif. Dengan memanfaatkan kecepatan dan kapasitas *Teensy 4.1*, keterlambatan dapat dikurangi sehingga pengolahan data dapat

dilakukan dengan lebih baik. Penggunaan mikrokontroler ini memberikan pembaruan signifikan terhadap alat musik elektrik yang dibuat (Army, Yuda, et al., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk mendukung pelestarian alat musik tradisional dengan merancang dan membuat Gendang Taganing elektrik menggunakan sensor piezoelektrik berbasis *Teensy 4.1*. Alat musik ini diharapkan memberikan pengalaman bermain yang lebih praktis dan inventif, sekaligus tetap mempertahankan suara asli Gendang Taganing. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menyelesaikan masalah yang ada pada penelitian sebelumnya dan mengembangkan alat musik elektrik yang lebih mirip dengan alat musik aslinya, serta praktis, unik, dan modern melalui pemanfaatan sensor dan mikrokontroler pada alat musik tradisional. Untuk itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Alat Musik Gendang Taganing Menggunakan Sensor Piezoelektrik Berbasis *Teensy 4.1*.” Diharapkan inovasi ini dapat membantu melestarikan alat musik tradisional Batak Toba di era modern melalui pendekatan teknologi.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut.

- a. Ukuran Gendang Taganing yang besar dan berat menyulitkan untuk dibawa dan diakses terutama bagi generasi muda yang merantau dan tinggal di perkotaan.
- b. Kurangnya adaptasi instrumen tradisional dengan teknologi modern yang membuat Gendang Taganing sulit bersaing dengan alat musik yang mudah di akses dan lebih praktis.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka didapatkan rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana spesifikasi desain alat musik Gendang Taganing elektrik yang menggunakan sensor piezoelektrik berbasis *Teensy 4.1* dapat dirancang dengan tepat?
2. Bagaimana spesifikasi performa alat musik Gendang Taganing elektrik menggunakan sensor piezoelektrik berbasis *Teensy 4.1*?

D. Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian bertujuan untuk merancang dan membuat alat musik Gendang Taganing elektrik sebagai inovasi terhadap alat musik tradisional. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menentukan spesifikasi desain alat musik Gendang Taganing elektrik menggunakan sensor piezoelektrik berbasis *Teensy 4.1*.
2. Menentukan spesifikasi kualitas performa alat musik Gendang Taganing elektrik menggunakan sensor piezoelektrik berbasis *Teensy 4.1*.

E. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini diperlukan batasan masalah agar penelitian lebih terfokus. Oleh karena itu, batasan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Penelitian ini akan fokus pada perancangan Gendang Taganing elektrik yang memiliki ukuran dan berat yang lebih ringan, sehingga lebih mudah dibawa dan diakses oleh generasi muda, terutama mereka yang merantau atau di perkotaan.
2. Penelitian ini akan mengintegrasikan teknologi modern, seperti sensor piezoelektrik dan mikrokontroler *Teensy 4.1*, untuk menciptakan Gendang Taganing elektrik yang lebih praktis dan kompetitif, sehingga dapat digunakan dalam berbagai situasi dan lokasi tanpa mengurangi kualitas dan pengalaman bermain musik tradisional.

F. Manfaat Penelitian

Secara umum manfaat penelitian dapat memberikan kontribusi baik kepada:

1. Bagi peneliti sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi S1 Fisika.
2. Bagi pembaca, penelitian ini dapat menambah pengetahuan dan wawasan tentang fungsi dan kegunaan sensor piezoelektrik dan mikrokontroler *Teensy 4.1*.
3. Bagi masyarakat umum, penelitian ini diharapkan dapat mendukung pelestarian alat musik tradisional Batak Toba melalui inovasi teknologi modern.
4. Bagi peneliti lain dapat menjadi acuan atau referensi untuk mengembangkan alat musik tradisional menggunakan teknologi yang sama.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancang bangun alat musik gendang taganing elektrik menggunakan sensor piezoelektrik berbasis *Teensy 4.1* diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Spesifikasi desain sistem Gendang Taganing elektrik berhasil direalisasikan dengan mengintegrasikan sensor piezoelektrik sebagai pendeteksi getaran, mikrokontroler *Teensy 4.1* sebagai pengendali utama, dan modul DAC UDA1334A untuk pengolahan sinyal audio melalui jalur komunikasi I2S. Hasil karakterisasi sensor piezoelektrik menunjukkan hubungan linear antara tekanan dan tegangan keluaran, menandakan sensitivitas tinggi serta respons yang stabil. Desain mekanik alat dibuat menyerupai bentuk Gendang Taganing tradisional dengan dimensi $90 \times 18 \times 80$ cm dan berat 2,5 kg. Selain itu, perekaman suara nada-nada Gendang Taganing tradisional berhasil dikonversi ke format digital dan diimplementasikan pada sistem audio *Teensy 4.1*, sehingga menghasilkan bunyi yang menyerupai instrumen aslinya.
2. Spesifikasi performa sistem Gendang Taganing elektrik menunjukkan bahwa alat memiliki kemampuan reproduksi suara yang sangat baik. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata perbedaan frekuensi antara Gendang Taganing elektrik dan Gendang Taganing tradisional sebesar 1,59%, dengan ketepatan frekuensi rata-rata 98,39% dan ketelitian frekuensi antara 97,20% – 99,42%. Nilai tersebut

menunjukkan bahwa sistem memiliki kestabilan frekuensi yang tinggi dan mampu meniru karakteristik bunyi Gendang Taganing tradisional secara akurat. Selain itu, hasil uji praktikalitas menunjukkan bahwa Gendang Taganing Elektrik termasuk dalam kategori “sangat praktis”.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran untuk jadi pengembangan penelitian menjadi lebih baik sebagai berikut:

1. Pembuatan badan gendang taganing elektrik menggunakan bahan dasar triplek dengan ketebalan 5 mm. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan penggunaan material yang lebih kuat dan tahan benturan agar instrumen tetap stabil serta tidak mudah rusak ketika dimainkan dengan teknik atau intensitas pukulan yang lebih energik.
2. Pada penelitian ini, sistem pendeteksian pukulan hanya mencakup bagian tengah dan atas pad. Kedepannya, disarankan mengembangkan sistem multi-zona yang dapat mendeteksi pukulan pada seluruh area pad bagian tepi dari berbagai arah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K., Jannah, M., Aiman, U., Hasda, S., Fadilla, Z., Taqwin, M., Ardiawan, K. N., & Sari, M. E. (2021). Metodologi penelitian kuantitatif (N. Saputra. *Yayasan Penerbit Muhammad Zaini*.
- Adam, P., Ronaldo, D., & Nugrahaningsih, N. (2022). Rancang Bangun Kangkanung Elektrik dengan Sensor Piezo Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknika*, 6(1), 74–83.
- Army, A. A., Asrizal, A., Mairizwan, M., Yuda, I., & Samsuddin, M. E. (2024). The Dual-Tone Electric Talempong Using Piezoelectric Based on Teensy 4.1. *Research on Instrumentation*, 1(1), 40–50.
- Audia, W., Yulkifli, Y., & Yohandri, Y. (2025). Initial Design of Earthquake Early Warning System With Smartphone Display. *Journal of the Physical Society of Indonesia*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.35895/jpsi.1.1.1-12.2025>
- Ayu, A., Milenia, S., Arizona, P. E., Luh, N., Dicriyani, G. M., Ekonomi, F., Universitas, B., & Denpasar, M. (2023). Pengaruh Ketelitian, Pelatihan, Pengalaman, Tingkat Pendidikan dan Skill terhadap Efektivitas Sistem Informasi Akuntansi pada LPD di Kecamatan Abiansemal. *Kumpulan Hasil Riset Mahasiswa Akuntansi (KHARISMA)*, 5(Juni), 246–259.
- Bucur, V. (2022). Organology of Percussion Instruments for the Classic Symphony Orchestra. In *Handbook of Materials for Percussion Musical Instruments* (pp. 41-101). Cham: Springer International Publishing.

- Budiaji, W. (2013). Skala pengukuran dan jumlah respon skala likert. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, 2(2), 127-133
- Dally, J. W., Riley, W. F., & McConnell, K. G. (2017). *Instrumentation for Engineering Measurements* (4th ed.). Wiley.
- Doebelin, E. O., & Manik, A. T. (2024). *Measurement Systems: Applications and Design* (7th ed.). McGraw-Hill.
- Fraden, J. (2016). *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications* (5th ed.). Springer.
- Hardy, C. H., & Anal, J. E. (1957). *Comparison of the Acoustical Performance of Calfskin and Plastic Drumheads. The Journal of the Acoustical Society of America*, 29(10), 1166–1173.
- Hidayat, Y. P., Fisika, P. S., Sains, F., Teknologi, D. A. N., Islam, U., & Syarif, N. (2022). *Rancang Bangun Laser Driver Monitor Dengan Menggunakan Arduino*.
- Hikmah, J. (2020). Paradigm. *Computer Graphics Forum*, 39(1), 672–673.
<https://doi.org/10.1111/cgf.13898>
- Lin, S., Bhengsri, T., Seeyo, W., & Phulaiyaw, A. (2023). *The Examination and Analysis of the HuiGu of Zhuang in Mashan County, Guangxi Province, China. International Journal of Curriculum and Instruction*, 15(2), 954–966.
- Malau, P. J. A., & Suyanto, Y. (2020). Sintesis Taganing Adaptif Menggunakan Metode Pitch Shifting by Delay-Line Based untuk Standardisasi Gondang Batak

- Toba. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 10(2), 131. <https://doi.org/10.22146/ijeis.37659>
- Manalu, A. S., Zebua, T. B., Simangunsong, R. K., Pardede, B. P., & Hutagalung, R. J. M. (2024). TEKNIK PERMAINAN TAGANING DALAM MENGIRINGI LAGU BE. NO 585 SOMBA MA JAHOWA DI HKBP PINTUSONA KECAMATAN PANGURURAN KABUPATEN SAMOSIR. *Jurnal Pendidikan Sosial dan Humaniora*, 3(3), 3784-3806.
- Maulana, R., Susanto, A., & Hidayat, A. (2023). *Design of MIDI Drum Controller Using Piezoelectric Sensors and Arduino. Indonesian Journal of Instrumentation and Control Systems*, 5(2), 44–51.
- Northrop, R. B. (2019). *Introduction to Instrumentation and Measurements* (4th ed.). CRC Press.
- Ompusunggu, A., Dedy Irawan, J., & Adi Wibowo, S. (2020). Implementasi Sensor Piezoelectric Sebagai Midi Drum Controller Berbasis Arduino Uno. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 4(1), 56–62. <https://doi.org/10.36040/jati.v4i1.2372>
- P. Stoffregen and R. Coon, “Teensy®4.1,” 2024. [Online]. Available: <https://www.pjrc.com/store/teensy41.html>
- Patel, A., & Uzun, S. (2011). *The Requirement for Piezoelectric Smart Material for Musical Instrument Interface*. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 29(3), 335–342.

- Pipit Muliyah, Dyah Aminatun, Sukma Septian Nasution, Tommy Hastomo, Setiana Sri Wahyuni Sitepu, T. (2020). Rancang Bangun Prototipe Alat Pengukuran Kecepatan Kendaraan Bermotor Menggunakan Sensor Piezoelectric Berbasis Arduino Nano Dan Telemetry. *Journal GEEJ*, 7(2).
- Rodríguez, Velastequí, M. (2019). *Analisis struktur kovariansi indikator terkait kesehatan pada lansia yang tinggal di rumah, dengan fokus pada kesehatan subjektif*. 1–23.
- Saputra, B. A., Rivai, M., & Tasripan, T. (2019). *Rancang bangun sistem pemisah air–Minyak berbasis metode adsorpsi menggunakan mikrokontroler Teensy* (Doctoral dissertation, Sepuluh Nopember Institute of Technology).
- Simare-mare, R. J. B., Syai, A., & ... (2021). Alat Musik Tradisional Taganing Di Kecamatan Lawe Sigala-Gala Kabupaten Aceh Tenggara. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa ...*, VI, 43–57.
- Sitanggang, N. (2021). Etnomatematika: Eksplorasi Alat Musik Tradisional Khas Batak Toba. *Jurnal Peka*, 4(2), 57–61. <https://doi.org/10.37150/jp.v4i2.851>
- Sugandi, W. K., Yusuf, A., & Widyasari, A. (2020). Rancang Bangun dan Uji Kinerja Mesin Pembersih Ubi Cilembu. *Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 71-77. <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/1970%0Ahttps://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/1970/1540>
- Tindale, A., Kapur, A., Cook, P., & Driessen, P. (2005). *A Comparison of Sensor Strategies for Capturing Percussive Gestures*. Proceedings of the 2005

Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME), Vancouver, Canada.

Webster, J. G., & Eren, H. (2018). *Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook* (2nd ed.). CRC Press.

Windi, :, Marnelly, T. R., Sos, S., & Si, M. (2019). the Thrust Factors Teenager in Conserving Kuda Lumping Art in Gajing Kahean Gunung Maligas Sub District Simalungun Regency. *Jom Fisip*, 6, 1–15.

Zebua, D., Kolago, D., Wijaya, Y. A. C., & Utama, Y. A. K. (2019). Desain dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan Menggunakan Piezoelectric Disk. *Jurnal Tecnoscienza*, 4(1), 1–16.