

**PERANCANGAN ALAT PERAGA BERBASIS
SENSOR PIEZOELEKTRIK UNTUK KONVERSI
ENERGI KINETIK PADA MATA KULIAH SENSOR
DAN TRANSDUSER**

SKRIPSI

Diajukan oleh:

Wildan Muchallad

NIM. 210211030

Mahasiswa Prodi Pendidikan Teknik Elektro

Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2025 M/ 1447 H**

**PERANCANGAN ALAT PERAGA BERBASIS SENSOR
PIEZOELEKTRIK UNTUK KONVERSI ENERGI
KINETIK PADA MATA KULIAH SENSOR DAN
TRANSDUSER**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK)
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Untuk Memproleh Gelar
Sarjana dalam Pendidikan Teknik Elektro

Diajukan Oleh

Wildan Muchallad
NIM. 210211030

Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Prodi Pendidikan Teknik Elektro

Disetujui oleh:

Pembimbing

Ketua Program Studi
Pendidikan Teknik Elektro



Mursyidin, M.T
NIP. 198204052023211020



Dr. Hari Anna Lastya S.T., M.T
NIP. 198704302015032005

PENGESAHAN SIDANG
PERANCANGAN ALAT PERAGA BERBASIS SENSOR
PIEZOELEKTRIK UNTUK KONVERSI ENERGI
KINETIK PADA MATA KULIAH SENSOR DAN
TRANSDUSER

SKRIPSI

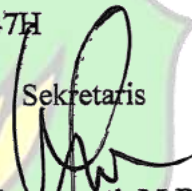
Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi Prodi
Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Uin Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus Serta Diterima Sebagai
Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1) dalam Ilmu
Pendidikan Teknik Elektro

Tanggal : 26 Agustus 2025
2 Rabi'ul Awal 1447H
Tim Penguji

Ketua

Sekretaris

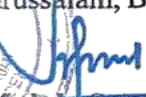

Mursyidin, M.T
NIP.198204052023211020
Penguji I


Rahmavanti, M.Pd
NIP. 198704162025212013
Penguji II


Arusman, M.Pd
NIP. 198505252023211027


Rahmati, M.Pd
NIP: 198705122023212037

Mengetahui:
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry
Darussalam, Banda Aceh


Prof. Safrul Muluk, S.Ag., M.A., M.Ed., Ph.D.
NIP. 197301021997031003



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPSI/ARTIKEL

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wildan Muchallad

Nim : 210211030

Prodi : Pendidikan Teknik Elektro

Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

Judul Skripsi : Perancangan Alat Peraga Berbasis Sensor
Piezoeletrik Untuk Konversi Energi Kinetik
Pada Mata Kuliah Sensor Dan Transduser

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini,
saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan.
2. Tidak melakukan plagiat terhadap naskah karya orang lain.
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya.
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila di kemudian hari ada tuntutan pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Uin Ar-Raniry.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 26 Agustus 2025

Yang menyatakan



Wildan Muchallad

NIM. 210211030

ABSTRAK

Nama : Wildan Muchallad
Nim : 210211030
Fakultas / Prodi : Tarbiyah dan Keguruan / Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : Perancangan Alat Peraga Berbasis Sensor Piezoelektrik Untuk Konversi Energi Kinetik Pada Mata Kuliah Sensor Dan Transduser
Tebal Skripsi : 104 Halaman
Pembimbing Skripsi : Mursyidin, S.T., M.T.
Kata Kunci : Sensor piezoelektrik, energi kinetik, alat peraga, konversi energi, pembelajaran.

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat menuntut adanya inovasi dalam pemanfaatan energi alternatif ramah lingkungan. Salah satu sumber energi yang dapat dimanfaatkan adalah energi kinetik dari tekanan mekanis, seperti beban kejut yang dihasilkan dari jatuhnya benda. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat peraga berbasis sensor piezoelektrik yang dapat digunakan pada mata kuliah Sensor dan Transduser sekaligus menunjukkan prinsip konversi energi kinetik menjadi energi listrik. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan sensor piezoelektrik Ø27 mm yang dirangkai bersama Arduino Uno, LCD I2C, kapasitor, dioda, resistor, dan LED. Pengujian

dilakukan dengan memberikan beban kejut dari benda dengan variasi massa (0.5 kg, 1 kg, dan 1.5 kg) yang dijatuhkan dari variasi ketinggian (5 cm, 8 cm, dan 10 cm). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar massa benda dan semakin tinggi ketinggian jatuhnya, semakin besar pula tegangan yang dihasilkan. Tegangan rata-rata yang dihasilkan berkisar dari 0,39 V hingga 1,40 V. Meskipun tegangan yang dihasilkan bervariasi tergantung pada besar energi kinetik, alat ini mampu menunjukkan secara langsung prinsip kerja piezoelektrik dan dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran interaktif yang aplikatif pada bidang pendidikan teknik elektro.



KATA PENGANTAR



Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Tidak lupa, kami juga mengucapkan shalawat dan salam kepada Nabi Besar Muhammad SAW, keluarga, Sahabat, dan seluruh umat Muslim di seluruh dunia.

“Saya bersyukur kepada Allah SWT atas karunia-Nya berupa kesehatan baik secara jasmani maupun rohani, yang memungkinkan saya untuk menyelesaikan penulisan Skripsi dengan judul “Perancangan Alat Peraga Berbasis Sensor Piezoelektrik untuk Konversi Energi Kinetik pada Mata Kuliah Sensor dan Transduser”.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan, doa, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena

itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan kemudahan dan kekuatan kepada penulis dalam menyusun dan menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua dan seluruh keluarga tercinta, atas doa, kasih sayang, dukungan, serta motivasi yang tiada henti.
3. Prof. Safrul Muluk, S.Ag., M.A., M.Ed., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh
4. Dr. Hari Anna Lastya, M.T., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro.
5. Mursyidin, S.T., M.T., selaku Ketua Sidang/Pembimbing, yang telah membimbing, memberikan saran, serta arahan selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Teman-teman "seperjuangan" di Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, khususnya angkatan 2021, yang selalu memberikan semangat dan kebersamaan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga

karya ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan mendapatkan keberkahan dari Allah SWT. Aamiin ya Rabbal ‘Alamin

Banda Aceh, 26 Agustus 2025

Peneliti

Wildan Muchallad
210211030



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Kerja Piezoelektrik.....	27
Gambar 2.2 Tampilan Aplikasi Canva	32
Gambar 2.3 Arduino Uno.....	35
Gambar 2.4 LCD I2C Display.....	38
Gambar 2.5 Kapasitor Elektrolit 10 μ F/25 V	40
Gambar 2.6 Dioda 1N4007.....	42
Gambar 2.7 Resistor.....	44
Gambar 2.8 Lampu LED.....	46
Gambar 2.9 Kabel.....	47
Gambar 2.10 Multimeter.....	49
Gambar 3.1 Flowchart.....	52
Gambar 3.2 Skematik Rangkaian Alat Peraga.....	58
Gambar 4.1 Rangkaian Keseluruhan.....	77
Gambar 4.2 Rangkaian Keseluruhan Alat.....	77

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Hasil Pengukuran Tegangan dengan.....	65
Tabel 3.2 Hasil Penelitian.....	69
Tabel 3.3 Hasil Rata Rata Tegangan.....	73



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2 : Dokumentasi



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	
LEMBAR PENGESAHAN SIDANG	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ISI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	5
E. Definisi Operasional	6
F. Kajian Penelitian Terdahulu	8
BAB II LANDASAN TEORI	25
A. Perancangan Alat Berbasis Sensor	25
B. Cara Kerja Sensor Piezoelektrik	26
C. Energi Kinetik Manusia	28
D. Energi Listrik	29
E. Perangkat Alat sensor Piezoelektrik	30
BAB III METODE PENELITIAN	50
A. Rancangan Penelitian	50
B. Sampel Penelitian	52
C. Instrumen Pengumpulan Data	53
D. Desain Alat Penelitian	56
E. Teknik Pengumpulan Data	62
F. Prosedur Penelitian	63
G. Teknik Analisa Data	66
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	67

A. Hasil Penelitian.....	67
B. Hasil Pengujian Alat.....	69
C. Perhitungan Rata Rata Tegangan.....	71
D. Rangkaian Keseluruhan Perancangan.....	76
E. Pemograman Sistem.....	77
BAB V PENUTUP	82
A. Kesimpulan.....	82
B. Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA.....	85



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Permintaan energi Listrik terus meningkat sepanjang sejarah peradaban umat manusia. Tampaknya masalah energi akan tetap menjadi topik yang harus dicari solusi secara bersama-sama. Pemanfaatan energi telah berkembang dan meningkat sesuai dengan perkembangan manusia itu sendiri. Usaha-usaha untuk menciptakan energi alternatif telah lama dilakukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber daya minyak bumi. Pemanfaatan minyak bumi diperkirakan akan habis dalam waktu yang tidak lama jika pola pemakaian seperti sekarang ini yang justru semakin meningkat dengan meningkatnya industri maupun transportasi. Selain itu dari berbagai penelitian telah didapat gambaran bahwa kualitas udara telah semakin mengawatirkan akibat pembakaran minyak bumi.¹

Masalah lingkungan dan ekonomi merupakan alasan di balik dorongan yang cepat akan pemanfaatan energi terbarukan di seluruh dunia. Selain untuk mengatasi hambatan secara ekonomi dan komersial, pemanfaatan sumber energi

¹ Djoko Adi Widodo, Suryono, Tatyantoro A, Pemberdayaan energy matahari sebagai energy Listrik Lampu pengatur Lalu Lintas, Jurnal Teknik Elektro Vol. 2 No.2, Hal.1

terbarukan sesuai dengan tujuan yang ditetapkan oleh sebagian negara yang ingin memaksimalkan potensi energi terbarukan di wilayahnya dengan biaya murah. Energi listrik merupakan salah satu energi yang tidak dapat dilepaskan penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari, baik di rumah tangga, instansi pemerintah maupun industri. Semakin banyaknya jumlah penduduk dan bertambahnya penggunaan peralatan yang menggunakan listrik mengakibatkan kebutuhan energi listrik meningkat pesat.

Solusi alternatif penghasil energi listrik baru terbarukan yang ramah lingkungan. Sumber daya energi yang ramah lingkungan tersebut bisa diperoleh dari energi yang selama ini terabaikan begitu saja. Salah satunya adalah energi kinetik berupa tekanan yang dihasilkan akibat langkah kaki manusia. Energi dari tekanan Langkah kaki manusia dapat menggunakan material piezoelektrik. Material piezoelektrik merupakan suatu material yang mampu menghasilkan listrik ketika mengalami tekanan untuk mengkonversikan menjadi energi listrik. Dengan merancang piezoelektrik di lantai, energi dari langkah kaki dapat dimanfaatkan. Piezoelektrik menghasilkan daya yang rendah akibat dari tekanan. Untuk mengkompensasi daya yang sangat rendah dari generator

piezoelektrik, maka daya dapat dihasilkan lebih banyak daya dengan menghubungkan piezoelektrik secara paralel.²

Penggunaan alat peraga dalam pembelajaran mata kuliah Sensor dan Transduser sangat penting untuk membantu mahasiswa memahami konsep-konsep yang bersifat abstrak. Alat peraga memungkinkan terjadinya pembelajaran yang bersifat eksperiensial, di mana mahasiswa dapat langsung mengamati dan menganalisis bagaimana sensor bekerja dalam merespons perubahan fisik menjadi sinyal listrik. Penelitian oleh Putra et al. menunjukkan bahwa penggunaan alat peraga sensor ketukan dalam bidang otomotif berhasil meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap sistem sensor dasar, serta mempercepat proses pemahaman sebelum masuk ke materi yang lebih kompleks.³

Selain itu, pendekatan pembelajaran berbasis teknologi seperti Internet of Things (IoT) juga memberikan kontribusi besar dalam efektivitas pembelajaran sensor. Sahaditama et al.

² Rahman, Djody Rizqy, dkk. 2022. RSV-P (ROAD SPEED BUMP'S VIBRATION POWER PLANT):Pemanfaatan Speed Bump sebagai Media Konversi Getaran Jalan Menjadi Energi listrikl Alternatif EBT Berbasis Iot. Institut Teknologi Telkom Surabaya

³ Putra, M. H., et al. (2016). *Pengembangan alat peraga sensor ketukan sebagai media pembelajaran sistem sensor dan aktuator pada program studi pendidikan teknik otomotif*. VANOS Journal of Mechanical Engineering Education

mengembangkan media pembelajaran berupa alat pengukur tinggi dan berat badan berbasis IoT untuk mendukung mata kuliah Sensor dan Transduser. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media ini sangat layak digunakan berdasarkan penilaian ahli isi dan media. Penggunaan alat ini tidak hanya meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap fungsi sensor dalam sistem otomatis, tetapi juga mengenalkan mereka pada praktik pengembangan teknologi cerdas berbasis data.⁴

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara merancang alat peraga berbasis sensor piezoelektrik untuk konversi energi kinetik?
2. Bagaimana pengaruh tekanan yang bervariasi pada sensor piezoelektrik terhadap besar daya listrik yang dihasilkan?

C. Tujuan Penelitian

1. Merancang dan membuat alat peraga berbasis sensor piezoelektrik yang mampu mengkonversi energi kinetik menjadi energi listrik

⁴Sahaditama, S., et al. (2024). *Pengembangan media pembelajaran pengukur tinggi dan berat badan berbasis IoT pada mata kuliah sensor dan transduser*. Jurnal Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika UNDIKSHA

2. Mengetahui pengaruh tekanan yang bervariasi pada sensor piezoelektrik terhadap besar daya listrik yang dihasilkan.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian di bagi menjadi 2 yaitu :

1. Manfaat Teoritis

- a. Pengembangan Ilmu Pengetahuan Sensor Piezoelektrik: Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian ilmiah mengenai karakteristik dan prinsip kerja sensor piezoelektrik, khususnya dalam hal konversi energi kinetik menjadi energi listrik, sehingga dapat menjadi referensi untuk penelitian lanjutan di bidang sensor dan transduser.
- b. Pengembangan Sensor Piezoelektrik: Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan teori konversi energi, terutama mengenai bagaimana variasi tekanan mekanis mempengaruhi keluaran daya listrik pada sensor piezoelektrik, yang dapat dimanfaatkan untuk aplikasi energi terbarukan skala kecil.

2. Manfaat Praktis

- a. Alat peraga ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran praktikum pada mata kuliah Sensor dan Transduser, sehingga mempermudah mahasiswa memahami konsep konversi energi piezoelektrik secara langsung.
- b. Alat berbasis sensor piezoelektrik ini dapat menjadi alternatif teknologi ramah lingkungan untuk memanfaatkan energi kinetik dari aktivitas manusia, seperti pada perangkat wearable atau sistem pengisian daya portable yang diisi ulang melalui gerakan tubuh.

E. Definisi Operasional

Sensor piezoelektrik merupakan perangkat yang mampu mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui efek piezoelektrik. Efek ini terjadi ketika suatu bahan seperti keramik atau kristal diberi tekanan mekanik, yang menyebabkan timbulnya muatan listrik pada permukaan material tersebut. Dalam konteks pembelajaran pada mata kuliah Sensor dan Transduser, sensor ini menjadi salah satu teknologi penting yang dapat dikenalkan melalui alat peraga,

karena prinsip kerjanya merepresentasikan konsep konversi energi secara langsung dan aplikatif (Krisdiyanto, 2011)⁵

Pemanfaatan sensor piezoelektrik sebagai pembangkit listrik alternatif telah banyak diteliti, salah satunya oleh Hariyono dan Nasution (2021) yang mengembangkan sistem pemanenan energi dari tetesan air hujan menggunakan sensor piezoelektrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor mampu menghasilkan tegangan hingga 35,50 volt dan arus sebesar 209,95 mA, yang kemudian disimpan dalam baterai setelah melalui proses penyearahan arus listrik⁴. Penelitian lain menunjukkan bahwa tekanan mekanik akibat langkah manusia pada anak tangga juga dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik meskipun output-nya relatif kecil⁶. Temuan-temuan ini membuktikan bahwa energi kinetik yang dihasilkan oleh aktivitas sehari-hari manusia memiliki potensi untuk dikonversi menjadi energi listrik menggunakan sensor piezoelektrik.

⁵ Hariyono, D. Y., & Nasution, N. (2021). *Pemanfaatan Sensor Piezoelektrik sebagai Penghasil Sumber Energi Listrik Alternatif Menggunakan Tetesan Air Hujan*. Jurnal Kumpulan Fisika Indonesia.

⁶ Hariyono, D. Y., & Nasution, N. (2021). *Pemanfaatan Sensor Piezoelektrik Sebagai Penghasil Sumber Energi Dengan Tekanan Anak Tangga*. Emitor: Jurnal Teknik Elektro.

Dalam konteks pendidikan teknik, alat peraga berbasis piezoelektrik dapat menjadi media yang sangat efektif untuk menjelaskan prinsip konversi energi. Mahasiswa dapat mengamati secara langsung bagaimana energi gerak seperti langkah kaki menghasilkan tegangan listrik yang terukur. Selain meningkatkan pemahaman konsep, alat ini juga mengintegrasikan aspek praktis dan teknologi terapan, serta dapat mendorong mahasiswa untuk berpikir kritis dan kreatif dalam pengembangan teknologi ramah lingkungan. Sebuah studi oleh tim peneliti di Universitas Lampung juga menekankan pentingnya alat pembelajaran seperti ini dalam menumbuhkan kesadaran terhadap energi terbarukan dan mendorong inovasi teknologi sederhana di tingkat pendidikan tinggi⁷

F. Kajian Penelitian Terdahulu

1. Arif Febriansyah Juwito, dkk. (2012) dalam jurnal berjudul "Optimalisasi Energi Terbarukan pada Pembangkit Tenaga Listrik dalam Menghadapi Desa

⁷ Tim Peneliti. (2023). *Perancangan Prototype Pembangkit Piezoelektrik Berbasis Energi Kinetik Manusia*. Jurnal Teknik Elektro, Universitas Lampung

Mandiri Energi di Margajaya" mengemukakan bahwa permasalahan lingkungan dan ekonomi global telah menjadi pemicu utama percepatan penggunaan sumber energi terbarukan di berbagai belahan dunia. Permasalahan tersebut tidak hanya berkaitan dengan terbatasnya ketersediaan bahan bakar fosil yang selama ini mendominasi pemenuhan kebutuhan energi, tetapi juga menyangkut dampak negatif dari penggunaannya terhadap keseimbangan ekosistem dan perubahan iklim global.⁸

Inisiatif untuk beralih pada sumber energi terbarukan tidak semata-mata dilatarbelakangi oleh urgensi ekonomi, seperti tingginya biaya bahan bakar fosil atau ketergantungan pada impor energi. Lebih dari itu, dorongan ini juga muncul sebagai bagian dari

⁸Arif Febriansyah Juwito, dkk. (2012), "Optimalisasi Energi Terbarukan pada Pembangkit Tenaga Listrik dalam Menghadapi Desa Mandiri Energi di Margajaya," *Jurnal Teknologi Energi*, 9(3), 142–149.

kesadaran kolektif untuk menciptakan sistem energi yang lebih bersih, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, berbagai negara—termasuk Indonesia—telah mulai mengembangkan kebijakan dan inisiatif lokal untuk mengadopsi teknologi energi alternatif, khususnya di wilayah-wilayah yang selama ini belum tersentuh oleh jaringan listrik konvensional.

Dalam konteks ini, penelitian yang dilakukan oleh Juwito dan timnya difokuskan pada pengembangan Desa Mandiri Energi di Margajaya, yang merupakan salah satu desa dengan potensi sumber daya alam yang belum dimanfaatkan secara optimal untuk kepentingan energi. Melalui pendekatan teknologi pembangkit listrik hybrid, yaitu kombinasi dari berbagai jenis energi terbarukan seperti mikrohidro, biomassa, dan tenaga surya, penelitian ini

berupaya untuk merancang dan mengoptimalkan sistem yang tidak hanya efisien dari segi teknis dan ekonomis, tetapi juga berkelanjutan dalam jangka panjang. Lebih lanjut, pendekatan ini juga mempertimbangkan aspek sosial dan budaya masyarakat setempat, termasuk pola konsumsi energi, kemampuan pemeliharaan teknologi, serta keberdayaan masyarakat dalam mengelola sumber daya energi secara mandiri. Dengan dukungan simulasi menggunakan perangkat lunak seperti HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources), tim peneliti mampu mengidentifikasi konfigurasi sistem terbaik yang dapat diterapkan di Margajaya, baik dari segi biaya, ketersediaan sumber daya, maupun reliabilitas sistem.

1. Penelitian yang dilakukan oleh Yusran Fuazi pada tahun 2024 yang berjudul “Desain Alat Peraga Dan Modul Pembelajaran Untuk Perencanaan PLTB Pada

Mata Kuliah *Renewable Energy*". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat hasil rancangan alat peraga dan hasil validasi ahli dari alat peraga untuk perancangan PLTB dan untuk mengetahui hasil validasi rancangan modul pembelajaran untuk perencanan PLTB pada mata kuliah *renewable energy*. Adapun metode yang diterapkan pada penelitian ini menggunakan metode *research and development* (R&D). Hasil penelitian validitas oleh validator 2 ahli media mendapat persentase rata-rata 89% dengan kategori "sangat layak" sedangkan hasil dari 2 validator materi mendapat presentase rata-rata 86% dengan kategori "sangat layak" untuk digunakan pada pembelajaran mata kuliah *renewable energy*.⁹

2. M. Imbarothur Mowaviq, dkk. (2018) yang berjudul "Lantai Pemanen Energi Listrik Menggunakan Piezoelektrik" mengusulkan pendekatan inovatif dalam memanen energi dari langkah kaki manusia menggunakan sensor piezoelektrik. Teknologi ini dirancang untuk mengonversi energi mekanik menjadi

⁹ Yusran Fuazi, Desain Alat Peraga Dan Modul Pembelajaran Untuk Perencanaan PLTB Pada Mata Kuliah Renewable Energy, *Jurnal Skripsi*, 2024.

energi listrik yang dapat digunakan untuk kebutuhan energi skala kecil, seperti pengisian baterai. Penelitian ini menekankan pentingnya pemanfaatan energi yang selama ini terbuang, khususnya di area publik dengan lalu lintas pejalan kaki yang tinggi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem piezoelektrik mampu menghasilkan tegangan dari tekanan tubuh manusia, meskipun masih terbatas secara kuantitas. Kajian ini membuka peluang pemanfaatan mikroenergi dalam skenario urban, terutama untuk mendukung konsep kota cerdas dan bangunan berkelanjutan.¹⁰

3. Mohamad Al Rajief Ramadan pada tahun 2023 berjudul "Pemanfaatan Sensor Piezoelektrik pada Anak Tangga di Stasiun sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan" merupakan salah satu upaya inovatif dalam pengembangan energi alternatif berbasis teknologi. Latar belakang dari penelitian ini adalah tingginya konsumsi energi dan ketergantungan masyarakat pada energi fosil, yang mendorong

¹⁰ M. Imbarothur Mowaviq, dkk. (2018), "Lantai Pemanen Energi Listrik Menggunakan Piezoelektrik," *Jurnal Energi Terbarukan*, 14(1), 45–50.

perlunya pencarian sumber energi baru yang ramah lingkungan.¹¹

Dalam penelitian ini, penulis berhasil merancang dan merealisasikan prototipe anak tangga yang dilengkapi dengan sensor piezoelektrik. Sensor ini memanfaatkan tekanan dari pijakan kaki para pengguna stasiun untuk menghasilkan energi listrik, yang kemudian disimpan ke dalam baterai. Energi yang tersimpan tersebut dapat digunakan untuk keperluan penerangan berbasis DC maupun pengisian perangkat elektronik sederhana. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konfigurasi sensor piezoelektrik dengan susunan lima paralel dan empat seri memberikan hasil paling optimal, menghasilkan tegangan hingga 5,80 volt dengan arus sekitar 0,11 mA untuk berat pengguna sekitar 65 kg. Dengan kata lain, teknologi ini terbukti mampu memanfaatkan keramaian aktivitas manusia di stasiun untuk menghasilkan energi listrik dalam skala kecil namun berguna. Energi yang

¹¹ Mohamad Al Rajief Ramadan (2023), "Pemanfaatan Sensor Piezoelektrik pada Anak Tangga di Stasiun sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan," *Jurnal Teknologi Terbarukan*, 19(4), 61–65.

dihasilkan memang belum cukup besar untuk penggunaan skala besar, namun sudah memadai untuk menghidupkan lampu LED atau pengisi daya portabel.

4. Mowaviq, Junaidi, dan Purwanto (2019) berfokus pada pengembangan lantai permanen pembangkit listrik yang menggunakan teknologi piezoelektrik untuk menghasilkan energi listrik dari tekanan mekanik, seperti yang dihasilkan oleh langkah kaki manusia. Sistem ini dirancang untuk memanfaatkan energi yang selama ini terbuang percuma akibat aktivitas manusia sehari-hari, seperti pergerakan orang di tempat umum. Meskipun energi yang dihasilkan oleh sistem piezoelektrik ini relatif rendah, ia memiliki keunggulan yang signifikan karena bersih dari polusi dan ramah lingkungan. Penelitian ini melibatkan desain dan pengujian sistem lantai piezoelektrik, dengan berbagai variasi beban dan frekuensi getaran, untuk mengukur energi yang dapat dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun daya yang dihasilkan tergolong rendah, teknologi piezoelektrik dapat diterapkan di area dengan banyak pergerakan manusia, seperti gedung perkantoran, stasiun kereta, dan pusat

perbelanjaan, untuk menyediakan energi yang dapat digunakan untuk penerangan atau perangkat kecil lainnya.¹²

Teknologi ini menawarkan solusi energi terbarukan yang efisien untuk aplikasi berdaya rendah, sekaligus mengurangi ketergantungan pada energi konvensional. Meskipun masih terdapat tantangan dalam meningkatkan efisiensi sistem ini agar lebih skalabel, hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi piezoelektrik pada lantai dapat berkontribusi pada pembangkitan energi bersih yang mendukung keberlanjutan lingkungan. Penerapan sistem ini juga memiliki potensi besar dalam memanfaatkan sumber energi yang sebelumnya terabaikan, seperti gerakan manusia yang selama ini tidak dimanfaatkan secara maksimal. Secara keseluruhan, meskipun energi yang dihasilkan oleh sistem piezoelektrik masih terbatas, sistem ini dapat menjadi bagian dari solusi energi terbarukan yang lebih luas, mengurangi jejak karbon,

¹² Mowaviq, Junaidi, dan Purwanto (2019), "Pengembangan Lantai Permanen Pembangkit Listrik Menggunakan Teknologi Piezoelektrik," *Jurnal Rekayasa Energi*, 11(2), 90–95.

dan memberikan alternatif dalam upaya mencapai energi yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

5. Eddy Wijanto, dkk. (2018) berjudul Pengujian Sistem Konversi Energi Suara menjadi Energi Listrik menggunakan Piezoelektrik memfokuskan pada pemanfaatan teknologi piezoelektrik untuk mengonversi energi suara menjadi energi listrik. Dalam penelitian ini, sistem yang diuji terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu signal generator, tabung resonansi, dan piezoelektrik sebagai transduser. Signal generator digunakan untuk menghasilkan sumber suara dengan frekuensi tertentu, sementara tabung resonansi berfungsi untuk memfokuskan gelombang suara sehingga meningkatkan efisiensi konversi.¹³

Piezoelektrik bertugas mengonversi getaran suara yang diterima menjadi energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan menganalisis seberapa besar energi listrik yang dapat dihasilkan dari energi suara pada berbagai frekuensi dan amplitudo suara yang berbeda. Hasil eksperimen menunjukkan

¹³ Eddy Wijanto, dkk. (2018), "Pengujian Sistem Konversi Energi Suara menjadi Energi Listrik menggunakan Piezoelektrik," *Jurnal Teknik Energi*, 7(2), 115–120.

bahwa piezoelektrik dapat menghasilkan energi listrik meskipun jumlahnya masih kecil dan bergantung pada intensitas suara yang diterima. Selain itu, penelitian ini juga menemukan bahwa frekuensi suara dan amplitudo suara merupakan faktor penting yang memengaruhi jumlah energi listrik yang dapat dihasilkan. Meskipun hasilnya signifikan dalam konteks percobaan laboratorium, teknologi ini belum dapat digunakan secara luas untuk memenuhi kebutuhan energi yang besar. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi energi terbarukan berbasis suara, yang berpotensi digunakan di lingkungan dengan tingkat kebisingan tinggi, seperti di kawasan perkotaan atau industri. Meskipun demikian, untuk mengaplikasikan teknologi ini secara praktis, masih dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi dan skalabilitas sistem konversi energi suara ini.

6. Yulia, Putra, Ekawati, dan Nugraha (2016) mengembangkan sistem polisi tidur piezoelektrik yang memanfaatkan energi mekanik dari kendaraan bermotor untuk menghasilkan listrik. Konsep ini berawal dari pemanfaatan energi kinetik yang

dihasilkan oleh kendaraan yang melintas di atas polisi tidur. Sistem yang digunakan terdiri dari mekanik polisi tidur yang terhubung dengan sistem piezoelektrik untuk memanen energi. Dalam pengujian sistem ini, tim peneliti mengonfigurasi piezoelektrik dalam rangkaian paralel, di mana hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem tersebut mampu menghasilkan energi dalam jumlah yang cukup signifikan untuk skala kecil. Daya yang dihasilkan oleh sistem piezoelektrik ini adalah sekitar 2.166 mWh dengan efisiensi 2,87% dari input manual. Hasil penelitian ini sangat relevan untuk aplikasinya di daerah yang padat lalu lintas kendaraan, di mana potensi energi yang terbuang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik kecil, seperti untuk penerangan jalan atau aplikasi lainnya di area publik yang ramai. Pendekatan ini membuka peluang besar dalam mengembangkan sistem pembangkit listrik terbarukan berbasis tekanan mekanik dari kendaraan bermotor, yang pada akhirnya mendukung konsep kota cerdas yang ramah lingkungan.¹⁴

¹⁴ Yulia, E., Putra, E. P., Ekawati, E., & Nugraha, N. (2016). Polisi Tidur Piezoelektrik Sebagai Pembangkit Listrik dengan

Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya mencari solusi inovatif dalam memanfaatkan energi yang selama ini tidak dimanfaatkan dengan optimal, seperti energi mekanik yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor. Teknologi piezoelektrik pada polisi tidur ini berpotensi mengurangi ketergantungan pada energi konvensional, sekaligus mengurangi jejak karbon dan dampak negatif terhadap lingkungan. Meskipun masih terbatas dalam hal daya yang dihasilkan, penerapan teknologi ini di lokasi dengan lalu lintas tinggi dapat membantu meningkatkan ketersediaan energi terbarukan dalam skala kecil di area perkotaan.

7. Afif dan Rini (2017) mengusulkan rancang bangun instalasi lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) yang dimodifikasi dengan Light Dependent Resistor (LDR) dan berbasis material piezoelektrik pada polisi tidur. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan solusi pemanfaatan energi terbarukan dari energi mekanik yang dihasilkan oleh kendaraan atau pejalan kaki yang melewati polisi tidur. Sistem yang dikembangkan

memanfaatkan teknologi piezoelektrik untuk menghasilkan listrik, sementara LDR digunakan untuk mengendalikan penerangan lampu PJU berdasarkan intensitas cahaya. Penelitian ini sangat relevan dalam konteks penghematan energi di jalan-jalan umum yang memiliki tingkat aktivitas kendaraan yang tinggi, seperti jalan raya atau stasiun kereta api. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan oleh sistem piezoelektrik pada polisi tidur bisa mencapai 13,772 V, dengan frekuensi pemberian gaya sekitar lima detik per 60 detik. Sistem ini menunjukkan efisiensi dalam memanfaatkan energi yang terbuang untuk kepentingan umum.¹⁵

Penerapan teknologi ini juga mengindikasikan potensi besar untuk memperkenalkan solusi pembangkit listrik yang hemat energi dan ramah lingkungan di perkotaan. Dengan mengintegrasikan sensor piezoelektrik pada infrastruktur kota seperti polisi tidur, tidak hanya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, tetapi juga mengoptimalkan

¹⁵ Afif, M., & Rini, N. P. (2017). Rancang Bangun Instalasi Lampu PJU Termodifikasi LDR Berbasis Material Piezoelektrik pada Polisi Tidur. *Jurnal Fisika FLUX*, 14(2), 85–90.

pemanfaatan energi mekanik yang sebelumnya terabaikan. Penelitian ini dapat menjadi contoh konkret bagaimana infrastruktur publik dapat diubah menjadi bagian dari solusi pembangkit energi terbarukan yang berkelanjutan, serta mendukung inisiatif kota cerdas yang lebih hijau dan efisien.

8. Ramadan (2023) mengkaji penerapan sensor piezoelektrik pada anak tangga di stasiun sebagai sumber energi listrik terbarukan. Konsep ini berfokus pada pemanfaatan energi kinetik yang dihasilkan oleh pergerakan manusia saat menaiki tangga. Sensor piezoelektrik yang dipasang di anak tangga akan mengonversi energi mekanik menjadi energi listrik, yang kemudian disimpan dalam baterai untuk digunakan dalam penerangan atau pengisian perangkat elektronik kecil. Dalam penelitian ini, prototipe anak tangga piezoelektrik yang digunakan berhasil menghasilkan tegangan hingga 5,80 volt dengan arus sekitar 0,11 mA, cukup untuk menyalakan lampu LED atau pengisi daya portabel. Penelitian ini menunjukkan potensi besar pemanfaatan energi yang terbuang akibat aktivitas manusia sehari-hari untuk memenuhi kebutuhan energi skala kecil di area publik, terutama di

stasiun kereta api yang memiliki lalu lintas pejalan kaki yang tinggi.¹⁶

Keunggulan dari teknologi piezoelektrik pada anak tangga adalah kemampuan untuk memanfaatkan aktivitas sehari-hari yang tidak hanya mengurangi beban konsumsi energi dari sumber daya konvensional tetapi juga mendorong kesadaran masyarakat tentang penggunaan energi yang lebih efisien. Penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun energi yang dihasilkan masih terbatas untuk kebutuhan skala besar, sistem ini tetap memberikan kontribusi yang positif dalam memanfaatkan sumber daya energi terbarukan. Sebagai langkah selanjutnya, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan daya yang dihasilkan agar sistem ini bisa diterapkan secara lebih luas dan lebih efisien dalam infrastruktur publik.

Penelitian ini berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang umumnya memanfaatkan sensor piezoelektrik untuk menghasilkan listrik dari tekanan mekanis di tempat-tempat umum, seperti lantai

¹⁶ Ramadan, M. A. R. (2023). Penerapan Sensor Piezoelektrik pada Anak Tangga di Stasiun sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan. *Jurnal Teknik Elektro*, 15(1), 45–50.

pemanen energi, anak tangga, atau polisi tidur. Sebagian besar penelitian tersebut fokus pada cara memanen energi dan mengukur seberapa besar daya listrik yang bisa dihasilkan dari aktivitas manusia. Sementara itu, penelitian ini lebih menekankan pada perancangan alat peraga berbasis sensor piezoelektrik yang ditujukan sebagai media pembelajaran pada mata kuliah *Sensor dan Transduser*. Cara kerja alat ini menggunakan kejutan dari beban yang dijatuhkan pada sensor untuk menghasilkan energi listrik, sehingga dapat menunjukkan secara langsung hubungan antara tekanan yang diberikan dengan energi listrik yang dihasilkan. Dengan adanya alat ini, konsep kerja piezoelektrik dapat diamati secara nyata dan sederhana, sehingga lebih mudah dipahami dalam kegiatan praktikum.