

SKRIPSI

RANCANG BANGUN PIEZOELEKTRIK PADA *INSOLE* SEPATU SEBAGAI GENERATOR LISTRIK UNTUK PENGISIAN BATERAI PERALATAN ELEKTRONIK



**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

DIAH FITRIANI

03041182025009

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN PIEZOELEKTRIK PADA *INSOLE* SEPATU
SEBAGAI GENERATOR LISTRIK UNTUK PENGISIAN BATERAI
PERALATAN ELEKTRONIK**



SKRIPSI

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

DIAH FITRIANI

03041182025009

Indralaya, 14 Mei 2024

Menyetujui

Dosen Pembimbing

Hermawati, S.T., M.T.

NIP. 197708102001122001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU.

NIP. 197108141999031005

HALAMAN PENGESAHAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Diah Fitriani
NIM : 03041182025009
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin*: 9%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul "Rancang Bangun Piezoelektrik Pada *Insole* Sepatu Sebagai Generator Listrik Untuk Pengisian Baterai Peralatan Elektronik" merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Indralaya, 14 Mei 2024




Diah Fitriani

NIM.03041182025009

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kuantitas skripsi ini mencukupi sebagai mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan : 
Pembimbing Utama : Hermawati, S.T., M.T.
Tanggal : 13 MEI 2024

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Diah Fitriani
NIM : 03041182025009
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

RANCANG BANGUN PIEZOELEKTRIK PADA *INSOLE* SEPATU SEBAGAI GENERATOR LISTRIK UNTUK PENGISIAN BATERAI PERALATAN ELEKTRONIK

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Indralaya

Pada tanggal : 14 Mei 2024

 **METERAI
TEMPEL**
Diah Fitriani
NIM.03041182025009

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat dan kalimpahan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Piezoelektrik Pada *Insole* Sepatu Sebagai Generator Listrik Untuk Pengisian Baterai Peralatan Elektronik”. Tugas akhir yang penulis buat sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana teknik jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.

Tugas akhir ini dapat terwujud atas bimbingan, arahan dan bantuan dari berbagai macam pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Sehingga pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Hermawati, S.T., M.T. selaku pembimbing tugas akhir yang telah senantiasa memberikan bimbingan, waktu, arahan, ilmu, dan nasihat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
4. Ibu Melia Sari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan serta arahan selama masa perkuliahan berlangsung hingga selesai.
5. Ibu Ike Bayusari, S.T., M.T., Ibu Caroline, S.T., M.T., dan Ibu Rahmawati, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun agar penelitian dapat dilakukan dengan lebih baik.
6. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama masa perkuliahan.
7. Keluarga saya Bapak, Ibu dan Jeni yang telah mendoakan, memberikan semangat, motivasi dan mendukung tiada henti kepada penulis.
8. Seluruh keluarga yang selalu memberikan doa dan semangat kepada penulis.
9. Kepada teman-teman saya Yara, Febby, Lola, Meiwa, Nanda, Muthia, Angel, Rischantika, Azza, Adischa, Ima, Rizkiya, Dini, Alya yang telah memberikan

motivasi, semangat, dukungan, masukan dan bantuannya dalam menyelesaikan tugas akhir.

10. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2020 yang menemani masa perkuliahan dan kakak tingkat yang telah memberikan bantuan, ilmu dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir.
11. Semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang sudah membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari adanya kesalahan yang bersumber dari keterbatasan pengetahuan dan kemampuan pribadi dalam pembuatan dan penyelesaian tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis meminta maaf sebesar-besarnya dan mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari seluruh pihak dan pembaca demi memperbaiki tugas akhir ini menjadi lebih baik. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan menjadi referensi serta menambah ilmu bagi para pembaca dan semua pihak terutama bagi mahasiswa jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan masyarakat pada umumnya.

Palembang, 14 Mei 2024



Diah Fitriani

NIM.03041182025009

ABSTRAK

Rancang Bangun Piezoelektrik Pada *Insole* Sepatu Sebagai Generator Listrik Untuk Pengisian Baterai Peralatan Elektronik

(Diah Fitriani, 03041182025009, 2024, 41 Halaman)

Energi yang sebelumnya terbuang tanpa disadari dapat dimanfaatkan untuk menciptakan bentuk tenaga listrik yang ramah lingkungan. Sumber daya listrik dapat diperoleh dengan konversi yang dihasilkan dari tekanan kaki manusia saat berjalan atau berlari dengan konsep penuaian energi piezoelektrik. Penelitian ini melibatkan analisis teoritis dan eksperimental untuk mengevaluasi efisiensi serta nilai keluaran dari konfigurasi rangkaian seri dan paralel dengan variasi langkah kaki. Prototipe piezoelektrik menghasilkan keluaran berupa tegangan dan arus AC yang kemudian dikonversikan menjadi tegangan dan arus DC dengan memanfaatkan rangkaian penyearah *dioda bridge*. Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan 2 konfigurasi rangkaian dan 10 variasi langkah kaki didapatkan nilai keluaran terbesar pada konfigurasi rangkaian paralel dengan langkah kaki sebanyak 250 langkah dengan tegangan sebesar 5,11 V dan arus sebesar 1,54 mA, dengan daya yang dihasilkan sebesar $78,694 \times 10^{-4}$ Watt. Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa rangkaian paralel menghasilkan nilai tegangan dan arus keluaran yang lebih baik dibandingkan dengan rangkaian seri, serta nilai tegangan dan arus keluaran yang dihasilkan masing-masing konfigurasi rangkaian berbanding lurus dengan banyaknya langkah kaki.

Kata Kunci : Piezoelektrik, Tekanan, *Insole* Sepatu, Daya Listrik.

ABSTRACT

Piezoelectric Design of Shoe Insole as Electric Generator for Battery Charging of Electronic Equipment

(Diah Fitriani, 03041182025009, 2024, 41 Pages)

Energy that was previously wasted unnoticed can be harnessed to create an environmentally friendly form of electrical power. The source of electrical power can be obtained by conversion generated from the pressure of human feet while walking or running with the concept of piezoelectric energy harvesting. This research involves theoretical and experimental analysis to evaluate the efficiency as well as the output value of the series and parallel circuit configurations with footstep variations. The piezoelectric prototype produces output in the form of AC voltage and current which is then converted into DC voltage and current by utilizing a diode bridge rectifier circuit. Based on the results of measurements and calculations that have been carried out using 2 circuit configurations and 10 footstep variations, the largest output value is obtained in the parallel circuit configuration with 250 footsteps with a voltage of 5.11 V and a current of 1.54 mA, with the resulting power of $78,694 \times 10^{-4}$ Watt. From the research that has been done, it can be concluded that the parallel circuit produces better output voltage and current values compared to the series circuit, and the output voltage and current values produced by each circuit configuration are directly proportional to the number of footsteps.

Keywords : *Piezoelectric, Preassure, Shoes Insole, Electrical Power.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
HALAMAN PENGESAHAN INTEGRITAS	ii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR RUMUS	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Energi	5
2.2 Piezoelektrik.....	6
2.3 Bahan Piezoelektrik.....	7
2.4 Prinsip Kerja Piezoelektrik.....	8
2.5 Jenis-Jenis Piezoelektrik	9
2.5.1 <i>Publum Zirconat Titanate (PZT)</i>	9
2.5.2 <i>Polivinylidene Flouride (PVDF)</i>	10
2.6 Pemanfaatan Piezoelektrik	10
2.6.1 Piezoelektrik Sensor.....	10
2.6.2 Piezoelektrik Transduser.....	11
2.6.3 Piezoelektrik Aktuator	11
2.7 Rangkaian Hubung Seri dan Paralel.....	11
2.8 Hukum Dasar Kelistrikan.....	13
2.8.1 Hukum Ohm.....	13

2.8.2	Hukum Kirchoff I	14
2.8.3	Hukum Kirchoff II	14
2.9	Daya Listrik	15
2.9.1	Daya Aktif	15
2.9.2	Daya Reaktif	15
2.9.3	Daya Semu	16
2.10	Rangkaian Penyearah	16
2.11	Baterai	18
2.11.1	Konsep Pengisian Baterai	18
2.11.2	Baterai Li-Ion 18650	19
BAB III METODELOGI PENELITIAN		21
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2	Metode Penelitian	21
3.3	Diagram Alir Penelitian	23
3.4	Alat dan Bahan	23
3.5	Rancang Desain	26
3.6	Rangkaian Pengujian	27
3.6.1	Pengukuran Arus Keluaran	27
3.6.2	Pengukuran Tegangan Keluaran	28
3.7	Tahapan Penelitian	28
BAB IV PEMBAHASAN		30
4.1	Umum	30
4.2	Perancangan dan Pembuatan Prototipe	30
4.3	Data Hasil Pengukuran	32
4.3.1	Data Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Rangkaian Seri	32
4.3.2	Data Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Rangkaian Paralel	33
4.4	Perhitungan Data	33
4.5	Hasil dan Analisis	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		40
5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran	41
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Piezoelektrik Diafragma [12].....	8
Gambar 2.2 Prinsip Kerja Piezoelektrik [12].....	9
Gambar 2.3 Rangkaian Seri Piezoelektrik	12
Gambar 2.4 Rangkaian Paralel Piezoelektrik	13
Gambar 2.5 Hukum Kirchoff 1 [23]	14
Gambar 2.6 Hukum Kirchoff 2 [23]	15
Gambar 2.7 Rangkaian Penyearah Jembatan [26]	17
Gambar 2.8 Rangkaian Penyearah Siklus Positif [25].....	18
Gambar 2.9 Rangkaian Penyearah Siklus Negatif [25]	18
Gambar 2.10 Proses Pengisian Baterai [27].....	19
Gambar 2.11 Baterai Li-Ion 18650 [29]	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3.2 Desain Sepatu Piezoelektrik.....	26
Gambar 3.3 <i>Insole</i> Sepatu Rangkaian Seri.....	26
Gambar 3.4 <i>Insole</i> Sepatu Rangkaian Paralel.....	27
Gambar 3.5 Rangkaian Pengujian Arus Keluaran	27
Gambar 3.6 Rangkaian Pengujian Tegangan Keluaran	28
Gambar 4.1 Rancangan Prototipe Penelitian	31
Gambar 4.2 Rangkaian Piezoelektrik.....	31
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Jumlah Langkah Kaki Terhadap Tegangan Keluaran Prototipe	34
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Jumlah Langkah Kaki Terhadap Arus Keluaran Prototipe.....	36
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Jumlah Langkah Kaki Terhadap Daya Keluaran Prototipe.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu Penelitian.....	21
Tabel 3.2 Alat dan Bahan yang Digunakan	23
Tabel 4. 1 Data Hasil Pengukuran dan Perhitungan Rangkaian Seri.....	32
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengukuran dan Perhitungan Rangkaian Paralel	33

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Energi Potensial	5
Rumus 2.2 Energi Kinetik.....	6
Rumus 2.3 Persamaan Arus Rangkaian Seri.....	12
Rumus 2.4 Persamaan Tegangan Rangkaian Seri.....	12
Rumus 2.5 Persamaan Arus Rangkaian Paralel	13
Rumus 2.6 Persamaan Tegangan Rangkaian Paralel	13
Rumus 2.7 Hukum Ohm	13
Rumus 2.8 Hukum Kirchoff 1	14
Rumus 2.9 Hukum Kirchoff 2	15
Rumus 2.10 Daya Aktif	15
Rumus 2.11 Daya Reaktif	16
Rumus 2.12 Daya Semu.....	16

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Pengambilan Data

Lampiran 1.1 Pengambilan Data Piezoelektrik Rangkaian Seri

Lampiran 1.2 Pengambilan Data Piezoelektrik Rangkaian Paralel

Lampiran 2. Perhitungan Daya Piezoelektrik

Lampiran 2.1 Perhitungan Daya Piezoelektrik Rangkaian Seri

Lampiran 2.2 Perhitungan Daya Piezoelektrik Rangkaian Paralel

LAMPIRAN KHUSUS

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini listrik telah menjadi bagian penting dalam kehidupan manusia. Listrik di Indonesia rata-rata berasal dari pembangkitan listrik dengan tenaga fosil. Meskipun demikian, pembangkit listrik konvensional menempati peringkat kedua dalam hal pencemaran terhadap polusi udara yaitu menyumbang 31,93% emisi, menjadikannya salah satu sumber polusi udara terbesar. [1]. Perkembangan energi terbarukan di negara-negara maju telah mengalami peningkatan pesat dalam beberapa tahun terakhir. Salah satu penelitian yang menarik dalam bidang ini adalah penelitian tentang bahan piezoelektrik, yang mengacu pada penemuan penting oleh Pierre dan Jacques Curie pada tahun 1880 terkait efek piezoelektrik. Penemuan ini memiliki potensi besar untuk diintegrasikan ke dalam konsep manajemen energi atau *Energy Harvesting* [2].

Piezoelektrik sensitif terhadap getaran, suara, dan akselerasi. Jika diberi tekanan, piezoelektrik juga dapat menghasilkan arus listrik [3]. Sumber energi tersebut bisa diperoleh dari hal yang dilakukan dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya adalah tekanan pada saat berjalan kaki. Energi yang sebelumnya terbuang tanpa disadari dapat dimanfaatkan untuk menciptakan bentuk tenaga listrik yang ramah lingkungan. Sumber daya listrik dapat diperoleh dengan konversi yang dihasilkan dari tekanan kaki manusia saat berjalan atau berlari dengan menggunakan pengaturan mekanik dan konsep penuaian energi piezoelektrik. Teknologi ini, bersama dengan sirkuit manajemen daya yang efisien sehingga memungkinkan pengisian baterai *handphone* di tempat-tempat yang praktis.

Pada penelitian sebelumnya, Stiawan dan Taufiq pada tahun 2020 [4] melakukan penelitian mengenai alat penghasil energi listrik dari tekanan mekanik yang berbasis piezoelektrik. Penelitian dilakukan dengan memberikan variasi pembebanan pada pijakan piezoelektrik, yaitu dengan menggunakan beban manusia dengan berat 55 kg, 60 kg, 75 kg, dan 85 kg dengan penyusunan piezoelektrik secara paralel. Pengujian pada penelitian terhadap pijakan manusia menghasilkan tegangan keluaran berturut-turut sebagai berikut; 2,15 VDC, 2,16

VDC, 2,19 VDC, dan 2,23 VDC, dengan arus keluarannya masing-masing adalah 0,005 mA, 0,006 mA, 0,010 mA, dan 0,027 mA. Untuk bobot manusia masing-masing 55 kg, 60 kg, 75 kg, dan 85 kg, daya yang diperoleh sebesar 0,02 mW, 0,02 mW, 0,02 mW, dan 0,07 mW.

Menurut sebuah penelitian yang dilakukan oleh Margoleno dan Zulkifli pada tahun 2018 [5]. Pada penelitian ini tegangan dan arus keluaran prototipe piezoelektrik diuji dengan cara ditekan oleh roda yang mempunyai pin roda bulat yang kecepatan putarnya sebesar 201,3 Rpm. Tegangan yang dihasilkan sebesar 2,055 VAC yang selanjutnya diubah oleh rangkaian penyearah menjadi 1,17 VDC. Kapasitor dibebani dengan tegangan keluaran prototipe piezoelektrik sehingga menghasilkan tegangan sebesar 1,6 VDC dan arus sekitar 17,4 μ A sehingga menghasilkan daya sebesar 27,84 μ W. Selain itu, tegangan pada kapasitor 22 μ F mencapai 1,89 VDC setelah pengisian 5 detik.

Oleh karena itu atas dasar penelitian-penelitian di atas, penelitian kali ini dirancanglah sebuah rancang bangun sebuah prototipe yang menggunakan sensor piezoelektrik dalam sepatu sebagai alat pijaknya. Sehingga memungkinkan pengisian baterai berdaya rendah yang dapat digunakan dalam situasi darurat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang dapat diteliti dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana pengaruh konfigurasi rangkaian seri dan rangkaian paralel pada piezoelektrik terhadap besar daya listrik yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh variasi pembebanan tekanan saat digunakan berjalan dan berlari pada piezoelektrik terhadap besar daya listrik yang dihasilkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penilitan tugas akhir ini, sebagai berikut:

1. Membuat rancang bangun alat penghasil energi menggunakan piezoelektrik PZT (*Publum Zirconate Titanate*).
2. Mengukur dan menganalisis arus dan tegangan piezoelektrik ketika konfigurasi rangkaian seri dan rangkaian paralel.

3. Menghitung dan menganalisis daya yang dihasilkan piezoelektrik ketika diberi variasi pembebanan tekanan saat digunakan berjalan dan berlari.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memastikan fokus pembahasan dan menghindari penyimpangan dalam penelitian tugas akhir ini, penulis telah menetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini menggunakan piezoelektrik dengan bahan material keramik PZT (*Publum Zirconate Titanate*) dengan diameter 35 mm.
2. Jumlah piezoelektrik yang digunakan sebanyak 8 buah, 4 buah pada sol depan dan 4 buah pada sol belakang.
3. Terdapat 2 konfigurasi rangkaian yaitu rangkaian seri dan rangkaian paralel
4. Variasi langkah kaki yang digunakan sebanyak 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225 dan 250 langkah.
5. Tidak menghitung nilai efisiensi yang dihasilkan dari rancang bangun.
6. Beban yang digunakan seberat 65kg.
7. Menggunakan jenis baterai Li-Ion 18650

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian tugas akhir ini, yaitu:

1. Mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional, seperti bahan bakar fosil, dengan memanfaatkan sumber energi alternatif dan memanfaatkan tekanan mekanik yang dihasilkan saat kita berjalan dan berlari.
2. Energi yang dihasilkan dapat dikumpulkan di baterai sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pengisian elektronik berdaya rendah seperti *handphone*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir terdiri sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, kelebihan penelitian, dan sistem penulisan yang berkaitan dengan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai teori yang mendukung atau teori yang berkaitan dalam penulisan tugas akhir.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Metode penelitian, prosedur eksperimental, dan strategi pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir dibahas dalam bab ini.

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai temuan-temuan penelitian, meliputi pengolahan data, analisis data, dan pengumpulan data.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memaparkan temuan penelitian serta saran untuk penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Purnawan, "Dolar Energy (Double Generator Spring Star And Solar Energy) : Inovasi Pemanfaatan Hybrid Energi Mekanik Anak Tangga Dan Matahari Sebagai Listrik Alternatif Pada Bangunan Bertingkat," 2019.
- [2] E. Yuli, E. P. Putra, E. Ekawati, and Nugraha, "Polisi Tidur Piezoelektrik Sebagai Pembangkit Listrik dengan Memanfaatkan Eneegi Mekanik Kendaraan Bermotor," *J.Oto.Ktrl.Inst*, vol. 8, no. 1, pp. 105–113, 2016, doi: 10.5614/joki.2016.8.1.9.
- [3] E. Diniardi, S. Syawaludin, A. I. Ramadhan, N. H. Fithriyah, and E. Dermawan, "Analisis Daya Piezoelektrik Model Hybrid Solar Cell-Piezoelectric Skala Rendah," *J. Teknol. Univ. Muhammadiyah Jakarta*, vol. 10, no. 2, pp. 139–146, 2018, doi: 10.24853/jurtek.10.2.139-146.
- [4] E. Stiawan and A. J. Taufiq, "Rancang Bangun Alat Pemanen Energi Listrik Dari Tekanan Mekanik Berbasis Piezoelektrik," *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 79–84, 2020, doi: 10.30595/jrre.v2i2.8280.
- [5] B. Margoleno and Zulkifli, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Getar Dengan Memanfaatkan Piezoelektrik," *Semin. Nas. Ind. dan Teknol.*, pp. 107–122, 2018.
- [6] F. Firdaus and S. Mukhlisah, "Gerak Benda dan Konsep Energi Mekanik," *eprints.umsida.ac.id*, 2018. <http://eprints.umsida.ac.id/1660/1/Makalah1.pdf>.
- [7] I. Purwasih, "Rancang Bangun Sumber Energi Terbarukan Secara Hybrid (Kumparan dan Bahan Piezoelektrik PvdF) dengan Memanfaatkan Cantilever sebagai Penggetar," Universitas Sebelas Maret, 2010.
- [8] J. Tichy, J. Erhart, E. Kittinger, and J. Privratska, *Fundamentals of Piezoelectric Sensorics*. Boston: Springer Science Business Media Inc, 2010.
- [9] M. R. A. Islami, "Pemanfaatan Sensor Piezoelektrik Sebagai Generator Listrik Pada Sepatu Untuk Pengisian Baterai Peralatan Elektronik Berdaya Rendah," Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2022.
- [10] E. Defiyani, "Implementasi Papan Pengumpul Energi Tetesan Tenaga Air

- Hujan Berbasis Piezoelektrik,” Telkom University, 2012.
- [11] D. Triwahyuni, “Sintesis dan Karakteristik Bahan Piezoelektrik BiO, 5NaO, 5TiO₃ (BNT) Dengan Metoda Molten Salt,” Universitas Andalas, 2010.
- [12] S. Ridho, “Piezoelektrik,” 2019. <https://syafieqridho.home.blog/2019/12/23/piezoelektrik/>.
- [13] M. Andang Novianta and S. Yoyok, “Prototipe Deteksi Gempa Menggunakan Metode Perambatan Gelombang Pada Sensor Getar Berbasis Mikrokontroler Dengan Informasi SMS Gateway,” *Simp. Nas. RAPI XII-2013 FT UMS*, vol. XII, no. December 2013, pp. 1–8, 2013.
- [14] H. F. S, S. D.R., and Julius, “Application Of Piezoelectric Material Film PVDF (Polyvinylidene Flouride) As Liquid Viscosity Sensor,” *J. Neutrino*, vol. 3, no. 2, pp. 129–142, 2012, doi: 10.18860/neu.v0i0.1648.
- [15] K. Center, “What Is PZT,” *americanpiezo.com*, 2021. <https://www.americanpiezo.com/piezo-theory/pzt.html>.
- [16] D. Prananto and L. Mawarani, “Karakterisasi Smart Material Polyvinylidene Fluoride (PVDF) sebagai Transduser Piezoelektrik,” *ITS Online Libr.*, no. January 2010, pp. 1–2, 2010.
- [17] D. R. Santoso, *Pengukuran Stress Mekanik Berbasis Sensor Piezoelektrik: Prinsip Desain dan Implementasi*. Malang: Tim UB Press, 2017.
- [18] Ulil Albab, Rony Darpono, and Fahreza Moch Revikansyah, “Rancang Bangun Sistem Informasi Gempa Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Web,” *J. Ilm. Sains Teknol. Dan Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 11–20, 2023, doi: 10.59024/jiti.v1i1.118.
- [19] Admin, “What Is A Piezoelectric Transducer,” *piezodirect.com*, 2023. <https://piezodirect.com/piezoelectric-transducer/>.
- [20] P. S. V. S. R. and B. P. R. B. Chandra Sekhar, B. Dhanalakshmi, B. Srinivasa Rao, S. Ramesh, K. Venkata Prasad, *Piezoelectricity and Its Applications*. IntechOpen, 2021.
- [21] R. Hendry Ade, “Prototipe Pemanfaatan Piezoelektrik Pada Pijakan Kaki Manusia Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif,” 2020.
- [22] O. Pauliza, *Fisika Kelompok Teknologi dan Kesehatan untuk SMK Kelas XI*, 1st ed. Jakarta: Grafindo Media Pratama, 2008.

- [23] Lusiani *et al.*, *Fisika Terapan*. Yogyakarta: Zahri Publishing.
- [24] A. T. Nugraha and R. P. Eviningsih, *Konsep Dasar Elektronika Daya*. Yogyakarta: DEEPUBLISH, 2022.
- [25] A. A. Madia, "Prototipe Alat Penghasil Listrik Dari Tekanan Mekanik Berbasis Piezoelektrik," Universitas Hasanudin, 2017.
- [26] E. Purnomo, "Dioda Bridge: Penyearah Sistem Jembatan," *nulis-ilmu.com*, 2015. <https://nulis-ilmu.com/dioda-bridge/>.
- [27] F. H. Widodo, M. R. Kirom, and A. Qurthobi, "Perancangan Sistem Dan Monitoring Sumber Arus Listrik Dari Lantai Piezoelectric Untuk Pengisian Baterai," *e-proceeding Eng*, vol. 4, no. 1, pp. 795–802, 2017.
- [28] F. A. Perdana, "Baterai Lithium," *INKUIRI J. Pendidik. IPA*, vol. 9, no. 2, p. 113, 2021, doi: 10.20961/inkuiri.v9i2.50082.
- [29] Anonim, "18650 Sel Baterai Lithium Ion Produk," *liibattery.com*, 2023. <https://indonesian.liibattery.com/sale-13004699-blue-color-18650-lithium-ion-battery-cells-size-18-65-7-5mm-impedance-60m.html>.
- [30] F. Rohman, "Aplikasi Graphene Untuk Lithium Ion Battery," Bandung, 2012.
- [31] Abdul Fajar Kallawa, Agus Fikri, and Mohammad Mujirudin, "Pengaruh Rangkaian Seri Dan Paralel Terhadap Tegangan Pada Piezoelektrik," *Met. J. Manufaktur, Energi, Mater. Tek.*, vol. 1, no. 2, pp. 52–57, 2022, doi: 10.22236/metalik.v1i2.11041.
- [32] R. M. Ratih, M. I. Yasyak, H. Nugroha, and U. Fadlilah, "Powerbank Piezoelektrik menggunakan Tekanan Tangan," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 20, no. 1, pp. 47–51, 2019, doi: 10.23917/emit.v20i1.8597.