

**RANCANG BANGUN SUMBER ENERGI TERBARUKAN DENGAN
MEMANFAATKAN *PIEZOELECTRIC* YANG TERINSTALASI PADA
KERAMIK LANTAI 30 × 30 cm**

(Skripsi)

Oleh

Adelia Azhari Dj



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SUMBER ENERGI TERBARUKAN DENGAN MEMANFAATKAN *PIEZOELECTRIC* YANG TERINSTALASI PADA KERAMIK LANTAI 30 × 30 CM

Oleh

Adelia Azhari Dj

Telah dilakukan penelitian Rancang Bangun Sumber Energi Terbarukan dengan Memanfaatkan *Piezoelectric* yang Terinstalasi pada Keramik Lantai 30 × 30 cm. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sebuah rancang bangun dengan memanfaatkan *piezoelectric* sebagai salah satu alternatif sumber penghasil energi listrik, dan untuk mengetahui besarnya daya listrik yang dapat dihasilkan oleh rancang bangun *piezoelectric* serta pengaruh variasi massa beban terhadap daya listrik yang dihasilkan. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *piezoelectric* tipe PZT, dioda *schottky*, LED (*Light Emitting Diode*), multimeter, keramik lantai, busa, kabel penghubung, PCB *layout*, dan *solder*. Penelitian ini terdiri dari perancangan dan pembuatan kerangka alat, perancangan sistem dan pengujian alat berupa pengukuran tegangan dan arus berdasarkan variasi massa beban dan durasi pijakan kaki manusia, kemudian analisis data penelitian. Pengukuran dilakukan dengan massa beban sebesar 46 kg, 56 kg, 68 kg dan 79 kg. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, daya listrik yang dihasilkan berdasarkan massa beban 46 kg sebesar 0,06 W, 56 kg sebesar 0,10 W, 68 kg sebesar 0,14 W dan 79 kg sebesar 0,16 W. Sementara daya listrik yang dihasilkan berdasarkan durasi pijakan 0,5 detik sebesar 0,04 W, 1 detik sebesar 0,05 W dan 1,5 sebesar 0,06 W. Semakin besar massa beban yang diberikan pada *piezoelectric*, maka semakin besar tegangan dan arus yang dihasilkan.

Kata kunci: *Piezoelectric*, Sumber energi, Pemanfaatan pijakan kaki manusia, Daya listrik.

ABSTRACT

DESIGN AND BUILD RENEWABLE ENERGY SOURCES UTILIZING PIEZOELECTRIC INSTALLED ON A CERAMIC FLOOR 30 × 30 CM

By

Adelia Azhari Dj

Research on the design and build of renewable energy sources by utilizing piezoelectric installed on 30 x 30 cm floor tiles has been carried out. The purpose of this research is to make a design by utilizing piezoelectric as an alternative source of electrical energy and to determine the amount of electrical power that can be generated by a piezoelectric design and the effect of variations in the mass of the load on the electricity generated. The tools and materials used in this study were PZT type piezoelectric, Schottky diode, LED (light-emitting diode), multimeter, floor tiles, foam, connecting cables, PCB layout, and solder. This research consists of designing and constructing a tool frame, system design and testing of tools in the form of voltage and current measurements based on variations in load mass and human footrest duration, and then analysis of research data. Measurements were made with masses of 46 kg, 56 kg, 68 kg, and 79 kg. Based on the research conducted, the electric power generated based on a mass load of 46 kg is 0,06 W, 56 kg is 0,10 W, 68 kg is 0,14 W, and 79 kg is 0,16 W. A footing duration of 0,5 seconds is 0,04 W, 1 second is 0,05 W, and 1,5 seconds is 0,06 W. The greater the mass of the load given to the piezoelectric, the greater the voltage and current generated.

Keywords: *Piezoelectric, Energy source, Utilization of human footrest, Electrical power.*

**RANCANG BANGUN SUMBER ENERGI TERBARUKAN DENGAN
MEMANFAATKAN *PIEZOELECTRIC* YANG TERINSTALASI PADA
KERAMIK LANTAI 30 × 30 cm**

Oleh

Adelia Azhari Dj

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Penelitian : **Rancang Bangun Sumber Energi Terbarukan dengan Memanfaatkan Piezoelectric yang Terinstalasi pada Keramik Lantai 30 × 30 cm**

Nama Mahasiswa : **Adelia Azhari Dj**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1617041053**

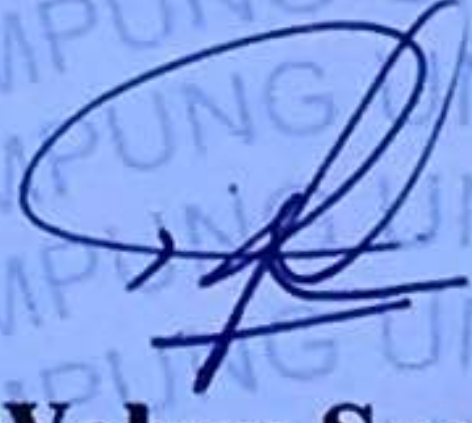
Jurusan : **Fisika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**




1. Komisi Pembimbing


Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002


Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si.
NIP. 197108291997032001

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

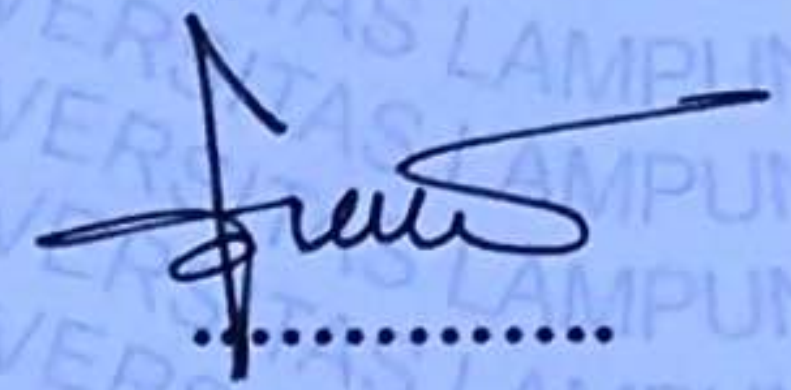

Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

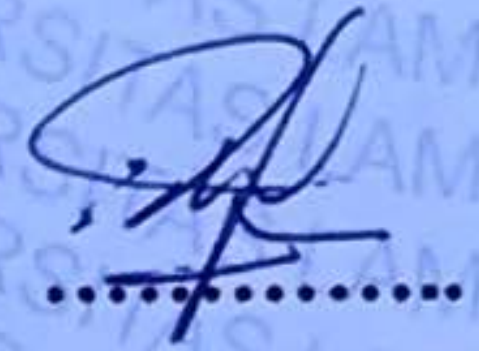
Ketua

: Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.



Sekretaris

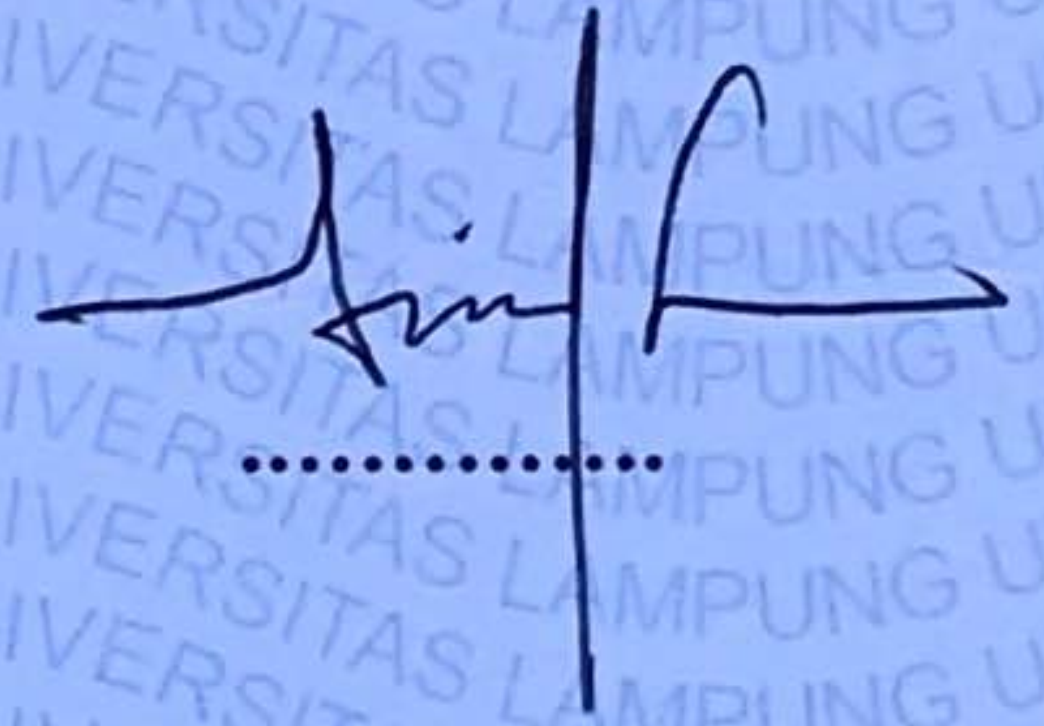
: Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 19 Juni 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandarlampung, 19 Juni 2023



Adelia Azhari Dj
NPM. 1617041053

RIWAYAT HIDUP



Penulis yang bernama lengkap Adelia Azhari Dj dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 13 April 1998 dari pasangan Bapak Djauhari dan Ibu Emilia Susana. Penulis menyelesaikan pendidikan di TK Bakti Ibu pada Tahun 2004, SD Negeri 1 Labuhan Ratu Bandar Lampung pada Tahun 2010, SMP Al-Azhar 3 Bandar Lampung pada Tahun 2013 dan SMA Al-Azhar 3 Bandar Lampung pada Tahun 2016. Penulis diterima sebagai mahasiswa pada Tahun 2016 di Program Studi Fisika Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis juga aktif dalam organisasi kemahasiswaan sebagai anggota bidang KRT Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) pada Tahun 2018. Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (PPET LIPI) Bandung, Jawa Barat selama 40 hari pada tahun 2019 dengan judul **“Simulasi dan Karakterisasi Sensor Vibrasi Berbasis Elektromagnetik dengan *Single Coil*”**. Selain itu, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Labuhan Batin, Kabupaten Mesuji Lampung pada bulan Januari hingga Februari Tahun 2020. Penulis menyelesaikan pendidikan skripsi di jurusan Fisika dengan judul **“Rancang Bangun Sumber Energi Terbarukan dengan Memanfaatkan *Piezoelectric* yang Terinstalasi pada Keramik Lantai 30 x 30 cm”**.

MOTTO

“ Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri “

(Q.S Ar-Ra’d : 11)

“ Those who keep trying without giving up are the ones who succeed “

(Kim Seokjin)

“ Selesaikan apa yang telah kamu mulai “

(Adelia Azhari Dj)

PERSEMBAHAN

**Dengan Mengharapkan Ridho Allah SWT dan Syafaat Nabi Muhammad
SAW, Karya ini saya persembahkan kepada:**

Kedua orang tuaku tercinta

Ayahanda Djauhari dan Ibunda Emilia Susana

Terimakasih atas segala Doa yang selalu dipanjatkan, dukungan yang tak pernah berhenti, kasih sayang yang selalu diberikan setulus hati dan pengorbanan yang telah diberikan hingga mampu menyelesaikan pendidikan di tingkat Universitas sebagai Sarjana.

Kakak-kakakku tersayang

Arinta Puspitasari dan M. Kamil Irsyad

Terimakasih atas segala bantuan, semangat dan dukungan yang selalu diberikan dengan rasa senang hati hingga mampu menyelesaikan pendidikan Sarjana.

Almamaterku Tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah Subbhanahu wa ta'ala yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Rancang Bangun Sumber Energi Terbarukan dengan Memanfaatkan *Piezoelectric* yang Terinstalasi pada Keramik Lantai 30 x 30 cm”**. Tujuan penulisan skripsi ini sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar S1 dan juga melatih mahasiswa untuk berpikir cerdas dalam penulisan karya ini.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam penelitian maupun penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, adanya kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan untuk memperbaiki kekurangan tersebut. Semoga skripsi ini dapat menambah wawasan literasi keilmuan serta rujukan untuk mengembangkan riset selanjutnya yang lebih baik.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Bandarlampung, 19 Juni 2023

Penulis

Adelia Azhari Dj

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT atas segala hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul **“Rancang Bangun Sumber Energi Terbarukan dengan Memanfaatkan *Piezoelectric* yang Terinstalasi pada Keramik Lantai 30 x 30 cm”** sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung. Shalawat serta salam tak lupa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW atas dakwah dan risalah beliau sehingga kita dapat menikmati keindahan berilmu. Selama menyelesaikan skripsi ini, penulis telah menerima banyak bantuan secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tuaku Papa Djauhari dan Mama Emilia Susana, Ayuk Arinta Puspitasari, Mas Doni Avelino, Kakak M. Kamil Irsyad, Mba Tiyas Ayu Anggraini dan Ruby Noora Ayka yang selalu memberi doa dan dukungan yang selalu membuat penulis semangat dalam menyelesaikan penulisan;
2. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Unila dan Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, saran dan nasihat selama proses penelitian dan penulisan skripsi;
3. Ibu Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran dan nasihat selama proses penelitian dan penulisan skripsi;

4. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. selaku Dosen Pembahas dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan, saran dan bimbingan selama penelitian skripsi ini agar menjadi lebih baik lagi;
5. Ibu Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Fisika FMIPA Unila;
6. Bapak Agus Riyanto, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik selama awal hingga menuju akhir perkuliahan yang selalu memberi bimbingan, dukungan, nasihat dan saran yang sangat membantu penulis dalam proses perkuliahan;
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika atas segala ilmu yang telah diberikan selama penulis melaksanakan penelitian ini;
8. Rekan seperjuangan Bella, Rianita, Della, Piana, Silva, House Billy 246 dan Bangtan Sonyeondan yang selalu membantu, mendukung dan memberikan semangat yang tak henti kepada penulis selama masa perkuliahan dan proses penulisan skripsi;
9. Teman-teman Fisika 2016 dan Himafi atas segala bantuan, dukungan dan kenangan yang telah diberikan selama masa perkuliahan hingga proses penulisan;
10. Serta berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT memberikan balasan kebaikan yang berlipat dan memudahkan segala urusan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandarlampung, 19 Juni 2023

Adelia Azhari Dj

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terkait	5
2.2 <i>Energy Harvesting</i>	7
2.3 <i>Piezoelectric</i>	7

2.4	<i>Rectifier</i>	10
2.4.1	Dioda <i>Schottky</i>	11
2.5	Keramik.....	12
III. METODE PENELITIAN		
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2	Alat dan Bahan	14
3.3	Prosedur Penelitian.....	15
3.3.1	Perancangan dan Pembuatan Kerangka Alat	16
3.3.2	Perancangan Sistem dan Pengujian Alat.....	17
3.4	Rancangan Data Hasil Pengamatan.....	18
3.5	Rancangan Analisis Data	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Realisasi Rancang Bangun <i>Piezoelectric</i>	20
4.2	Pengukuran Tegangan dan Arus Rancang Bangun <i>Piezoelectric</i>	21
4.2.1	Pengukuran Berdasarkan Massa beban	23
4.2.2	Pengukuran Berdasarkan Durasi Pijakan	25
4.3	Analisis Data	27
V. SIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Simpulan.....	31
5.2	Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 (a) Rangkaian Seri <i>Piezoelectric</i> , (b) Rangkaian Paralel <i>Piezoelectric</i> (Maulana, 2016).....	5
Gambar 2.2 <i>Piezoelectric</i> Jenis PZT	8
Gambar 2.3 Efek <i>Piezoelectric</i> (Uchino, 2017a).....	9
Gambar 2.4 Pengaruh Posisi Tekanan Terhadap <i>Energi Piezoelectric</i> (Patil dkk, 2015)	10
Gambar 2.5 Rangkaian Penyearah Dioda <i>Bridge</i>	10
Gambar 2.6 (a) Bentuk Dioda <i>Schottky</i> , (b) Simbol Dioda <i>Schottky</i>	11
Gambar 2.7 Keramik Lantai	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	15
Gambar 3.2 Desain Rangkaian Alat Pada Keramik	16
Gambar 3.3 Desain Rangkaian Saat Ditutup	17
Gambar 3.4 Blok Diagram Sistem.....	17
Gambar 3.5 Grafik Daya Listrik Berdasarkan Massa beban	19
Gambar 3.6 Grafik Daya Listrik Berdasarkan Durasi Pijakan	19
Gambar 4.1 Rangkaian <i>Piezoelectric</i> Terinstalasi Pada Keramik.....	20
Gambar 4.2 Rangkaian Setelah Ditutup	21
Gambar 4.3 Rangkaian Penyearah.....	22
Gambar 4.4 Rancang Bangun <i>Piezoelectric</i>	23
Gambar 4.5 Grafik Rata-rata Tegangan Berdasarkan Massa beban.....	25
Gambar 4.6 Grafik Rata-rata Arus Berdasarkan Massa beban.....	25
Gambar 4.7 Grafik Rata-rata Tegangan Berdasarkan Durasi Lama Pijakan.....	27
Gambar 4.8 Grafik Rata-rata Arus Berdasarkan Durasi Lama Pijakan.....	27

Gambar 4.9 Grafik Hasil Daya Listrik Berdasarkan Massa beban.....	29
Gambar 4.10 Grafik Hasil Daya Listrik Berdasarkan Durasi Pijakan.....	29

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian	14
Tabel 3.2 Hasil Pengamatan Berdasarkan Massa beban pada <i>Piezoelectric</i>	18
Tabel 3.3 Hasil Pengamatan Berdasarkan Durasi Pijakan pada <i>Piezoelectric</i>	18
Tabel 4.1 Data Pengukuran Tegangan <i>Piezoelectric</i> Berdasarkan Massa beban ..	24
Tabel 4.2 Data Pengukuran Arus <i>Piezoelectric</i> Berdasarkan Massa beban	24
Tabel 4.3 Data Pengukuran Tegangan <i>Piezoelectric</i> Berdasarkan Durasi Pijakan	26
Tabel 4.4 Data Pengukuran Arus <i>Piezoelectric</i> Berdasarkan Durasi Pijakan	26
Tabel 4.5 Daya Listrik Berdasarkan Massa beban	28
Tabel 4.6 Daya Listrik Berdasarkan Durasi Pijakan	28

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu energi listrik alternatif yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik yaitu dengan memanfaatkan material *piezoelectric*. *Piezoelectric* dapat diaplikasikan untuk menghasilkan energi dengan memanfaatkan energi mekanik, baik energi potensial maupun energi kinetik karena sifat bahan *piezoelectric* yang dapat mengubah energi mekanik tersebut menjadi energi listrik (Widodo dkk, 2017). Kata *piezo* berasal dari bahasa Yunani, *piezo* atau *piezein* artinya memeras atau menekan. Apabila tegangan mekanik dikenakan pada material *piezoelectric* maka akan terjadi suatu medan listrik, fenomena tersebut disebut efek *piezoelectric* (Uchino, 2017b). Efek *piezoelectric* sendiri memiliki sifat *reversible* yaitu menghasilkan *direct piezoelectric effect* (menghasilkan energi listrik jika diaplikasikan tegangan mekanik) dan menghasilkan *reverse piezoelectric effect* (menghasilkan tegangan dan/atau regangan mekanik jika diaplikasikan beda potensial listrik) (Dannier dkk, 2019).

Energi listrik yang dihasilkan *piezoelectric* masih pada ukuran mikrowatt ($5 \mu\text{W}$) dan belum dapat terdeformasi secara konstan dalam menghasilkan energi listrik yang optimal (Hidayatullah dkk, 2016). Hal tersebut disebabkan oleh frekuensi dan amplitudo penekan tidak pada frekuensi dan amplitudo optimal, sehingga penentuan variabel ini masih cukup sulit untuk dilakukan. Sampai saat ini belum ada instrumen khusus untuk mendeteksi variabel tersebut, jika hanya berdasarkan *datasheet* yang dikeluarkan produsen (Gomez, 2010).

Beberapa penelitian pun mulai banyak yang mengembangkan pemanfaatan dari *piezoelectric* sebagai sumber energi listrik terbarukan, seperti pemanfaatan *piezoelectric* dari air hujan yang turun dengan tekanan tinggi mampu menghasilkan 0,72 volt (Alamanda dkk, 2016). *Piezoelectric* yang didesain pada sepatu menggunakan pemodelan prototipe skala kecil dengan rangkaian seri dan paralel, di mana *piezoelectric* yang digunakan sebanyak 4 buah pada setiap rangkaian. Pengujian dilakukan dengan pembebanan orang dengan variasi massa beban 55 kg, 60 kg dan 65 kg menghasilkan arus dan tegangan yang bervariasi pula. Untuk pengujian *piezoelectric* dengan rangkaian seri diperoleh daya paling tinggi sebesar 5,8 μ W pada beban 65 kg, sedangkan pada rangkaian paralel diperoleh daya paling tinggi sebesar 24,5 μ W pada beban 60 kg (Maulana, 2016).

Pemanfaatan *piezoelectric* lainnya yang dilakukan (Yulia dkk, 2016) mendesain *piezoelectric* pada polisi tidur yang dirancang untuk menerima masukan dari tekanan kendaraan bermotor menggunakan sistem kantilever *piezoelectric* sebagai komponen yang menghasilkan energi listrik. Daya yang dihasilkan berdasarkan pengujian sebesar 2.166 mWh, sedangkan uji manual 75.264 mWh dengan efisiensi yang dicapai sebesar 2.87 % dari uji manual, hal tersebut disebabkan oleh transmisi energi yang belum berlangsung dengan optimal.

Berdasarkan pemaparan di atas, dilakukan penelitian pembuatan rancang bangun sumber energi terbarukan dengan memanfaatkan *piezoelectric* yang terinstalasi pada keramik lantai. *Piezoelectric* merupakan material yang mampu menghasilkan energi listrik saat diberi gaya tekan, salah satunya dengan memanfaatkan pijakan kaki manusia yang kemudian dapat dikonversi menjadi energi listrik. Dengan memasang rangkaian *piezoelectric* pada keramik lantai yang banyak dilalui oleh manusia saat melakukan aktivitas harian, maka akan menghasilkan energi melalui gaya tekan pijakan kaki. Penggunaan *piezoelectric* sebagai penghasil energi memiliki keterbatasan dimana energi listrik yang dihasilkan oleh *piezoelectric* bersifat sinyal impuls yang tidak bisa digunakan langsung sehingga membutuhkan rangkaian penyearah dan sistem penghasil energi.

Hasil energi dari pijakan kaki pada rangkaian *piezoelectric* yang disusun secara paralel, akan memperoleh tegangan AC yang kemudian diubah menjadi tegangan

DC dengan menggunakan rangkaian penyearah. Rancang bangun sumber energi pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hasil pengukuran besar daya listrik optimum yang dapat diperoleh dari *piezoelectric* dengan memanfaatkan tekanan yang berasal dari pijakan kaki manusia pada keramik lantai yang dilalui oleh beberapa variasi massa beban.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana merancang bangun sumber energi terbarukan dengan memanfaatkan *piezoelectric* yang terinstalasi pada keramik lantai 30 x 30 cm?
- b. Berapa besar daya listrik yang dihasilkan oleh rancang bangun *piezoelectric*?
- c. Bagaimana pengaruh variasi massa beban terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh *piezoelectric*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Merancang bangun sumber energi terbarukan dengan memanfaatkan *piezoelectric* yang terinstalasi pada keramik lantai 30 x 30 cm.
- b. Mengetahui besar daya listrik yang dihasilkan oleh rancang bangun *piezoelectric*.
- c. Mengetahui pengaruh variasi massa beban terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh *piezoelectric*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Menjadi salah satu alternatif sebagai sumber penghasil energi listrik terbarukan.

- b. Memperoleh hasil dari penerapan sumber energi listrik terbarukan dengan memanfaatkan *piezoelectric* yang terinstalasi pada keramik lantai 30 x 30 cm.
- c. Menambah variasi sumber energi listrik terbarukan berbahan *piezoelectric*.

1.5 Batasan Masalah

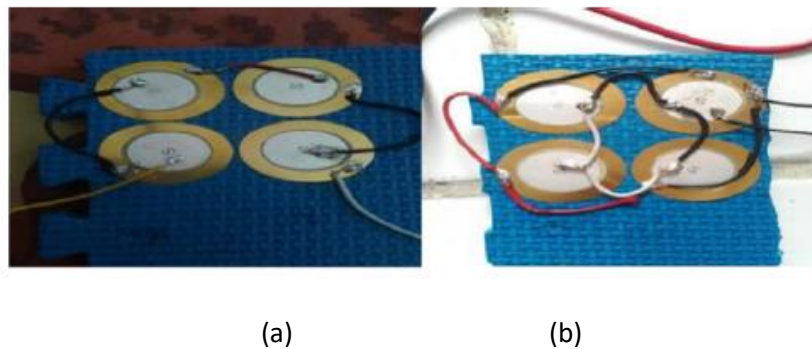
Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bahan *piezoelectric* yang digunakan pada penelitian adalah *Piezoelectric Lead Zirconium Titanate* (PZT) berdiameter 27 mm.
2. Keramik yang digunakan berukuran 30 x 30 cm.
3. Pengujian *prototype* penghasil energi listrik *piezoelectric* menggunakan pijakan kaki manusia dengan massa beban yang bervariasi sebesar 46 kg, 56 kg, 68 kg dan 79 kg.
4. Pengujian yang dilakukan hanya berfokus pada variasi massa beban dan durasi pijakan yang diberikan pada *prototype* untuk mengetahui berapa besar daya listrik yang dapat dihasilkan
5. Pengujian ini hanya untuk membuat *prototype* sumber energi terbarukan dengan memanfaatkan *piezoelectric*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian yang berkaitan dengan pemanfaatan *piezoelectric* sebagai penghasil energi listrik dilakukan oleh Maulana (2016) dengan memanfaatkan mobilitas serta gerakan tubuh manusia pada sepatu sebagai media konversi tekanan menjadi muatan listrik. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah material jenis *Piezoelectric Lead Zirconium Titanate* (PZT) dengan 2 rangkaian yaitu rangkaian seri dan paralel seperti **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 (a) Rangkaian Seri *Piezoelectric*, (b) Rangkaian Paralel *Piezoelectric* (Maulana, 2016)

Saat pengujian rangkaian seri, tegangan dan arus mengalami peningkatan sesuai dengan tekanan yang diberikan berupa beban. Tegangan tertinggi yang diperoleh saat pengujian terjadi pada rangkaian seri sebesar 1,16 V dengan beban 60 kg dan nilai terendah sebesar 1,11 V dengan beban 55 kg. Arus pada rangkaian seri mengalami peningkatan terhadap pemberian tekanan yang semakin besar. Sementara pada rangkaian paralel, hasil tegangan dan arus mengalami peningkatan seiring dengan penambahan berat beban yang diberikan. Tegangan tertinggi yang

diperoleh sebesar 4,5 V dengan beban 65 kg dan tegangan terendah sebesar 4 V dengan beban 55 kg.

Pada penelitian dengan penggunaan *piezoelectric* pada sol sepatu dilakukan oleh Gupta dan Asharfilal (2015) dengan memanfaatkan gaya tekan yang berasal dari manusia berjalan. Hasil dari percobaan yang dilakukan dengan *piezoelectric* elemen dan rangkaian penyearah, nilai tegangan keluaran yang diperoleh sebesar 1,0 V. Penelitian lainnya dilakukan oleh Imbrarothur dkk (2018) dengan merancang penelitian di lantai memanfaatkan energi dari langkah manusia. Hasil pengujian tegangan keluaran yang diperoleh *piezoelectric* pada massa beban 60 kg sebesar 6 mV, pada massa beban 80 kg sebesar 8 mV, dan massa beban 100 kg sebesar 9 mV.

Penelitian yang berkaitan dengan *piezoelectric* sebagai penghasil energi listrik dilakukan oleh Putra dkk (2018) tentang pemanfaatan getaran beban mekanis yang berasal dari sepeda motor sebagai sumber getaran dan *piezoelectric* digunakan sebagai media konversi getaran, dengan beban maksimum sebesar 186 kg daya maksimal yang dihasilkan oleh rangkaian seri yaitu sebesar 19,4888 μ W dan rangkaian paralel sebesar 61,5043 μ W. Penelitian yang dilakukan oleh Gopinath dkk (2018) menggunakan *piezoelectric* yang diletakkan sedemikian rupa pada alat *treadmill* dengan memanfaatkan gaya tekan yang dihasilkan dari gerakan langkah manusia, menggunakan 16 buah *piezoelectric* dan didapatkan nilai tegangan minimum sebesar 0,5 V per langkah dengan membutuhkan 1200 langkah untuk dapat mengisi sebuah baterai sebesar 1 V.

Penelitian yang berkaitan dengan *piezoelectric* dalam menghasilkan energi listrik yang dilakukan oleh Setiawan dkk (2020) menggunakan gaya tekan pada *piezoelectric* dan modul BQ25570 yang di dalamnya terdapat DC-DC konverter, baterai *charging and protection*, superkapasitor sebagai media penyimpanan sementara dan sebuah *buck converter*. Penelitian ini menggunakan *piezoelectric* jenis PZT sebanyak 50 buah dirangkai secara paralel dengan pengujian gaya tekan dari rata-rata berat tubuh manusia sebesar 42 kg, 52 kg, 67 kg, 70kg dan 82 kg. Dengan hasil terendah pada saat berat 42 kg sebesar 1,345 mW dan hasil tertinggi pada saat berat 82 kg sebesar 17,218 mW.

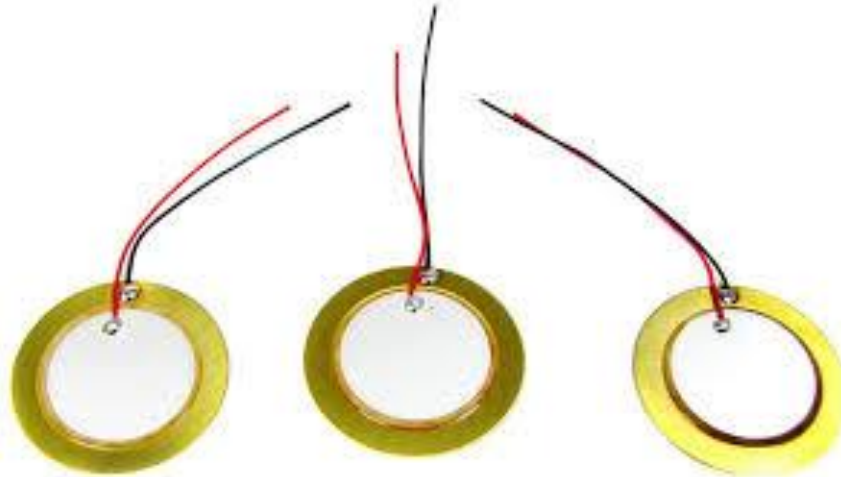
2.2 *Energy Harvesting*

Energi merupakan sesuatu yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan dan merupakan suatu yang kekal. Mengacu pada hukum kekekalan energi dan hukum pertama termodinamika yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan, energi hanya dapat berubah dari satu bentuk energi ke bentuk energi lainnya. Sebagai alternatif dari keterbatasan energi fosil, manusia mencoba menciptakan beberapa alat pemanen energi (*energy harvesting*). *Energy harvesting* adalah proses pemanfaatan energi terbarukan di mana energi berasal dari sumber eksternal (energi yang terbuang) atau berasal dari sumber yang tidak terbatas seperti energi surya, air, angin, getaran, bunyi, gaya tekan dan masih banyak lagi, yang ditangkap dan dikonversi menjadi energi listrik (Ramli dan Irfan, 2017).

2.3 *Piezoelectric*

Efek *piezoelectric* ditemukan tahun 1880 oleh Pierre dan Jacques Currie, dimana dihasilkan listrik dari kristal yang mendapat tekanan mekanis (Bavlen dkk, 2019). Kata *piezo* sendiri berasal dari bahasa Yunani yang artinya tekanan. *Piezoelectric* merupakan material yang menghasilkan medan listrik ketika diberikan gaya tekan, tarikan atau getaran. Sebaliknya, jika *piezoelectric* diberikan medan listrik, maka material tersebut mengalami tekanan mekanik atau getaran (Uchino, 2017a).

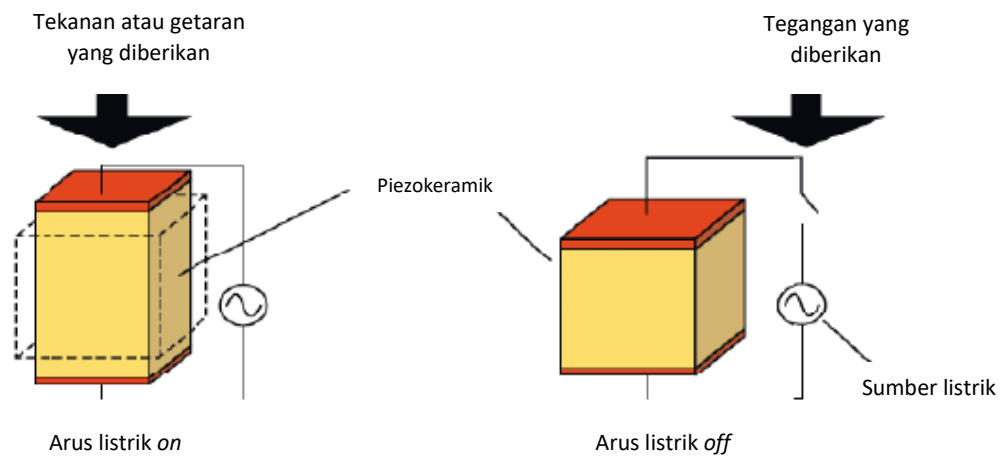
Bahan *piezoelectric* terbagi menjadi empat kelompok yaitu *piezoceramics*, *piezocrystals*, *piezopolymers*, dan *piezocomposite*. *Piezoelectric* yang banyak digunakan serta cukup banyak tersedia di pasaran Indonesia adalah jenis *Lead Zirconate Titanate* (PZT) karena daya keluarannya yang tinggi sekitar 65-90% dari nilai frekuensi nominal pada 19-24% di bawah frekuensi resonansi yang dibongkar dan menghasilkan tegangan 1,5 V-3 V dan PZT digunakan dalam aplikasi dimana tekanan mekanik harus dikonversi menjadi energi listrik (Rosman dan Azhan, 2019). Bentuk dari *piezoelectric* yaitu kepingan logam seperti pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Piezoelectric Jenis PZT

Bahan *piezoelectric* alami diantaranya yaitu *Kuarsa*, *Berlinite*, *Turmalin*, *Garam Rossel*, *Berlinite*, *Gula tebu* dan *Enamel*. Sementara bahan *piezoelectric* buatan diantaranya yaitu *Barium titanate*, *Lead Zirconium Titanate*, *Lead Titanate*, *Polyvinilidene Diflouride*, *Gallium Ortofosfat* dan lainnya (Safei dkk, 2019).

Efek *piezoelectric* dihasilkan dari interaksi elektromekanik linear antara bagian mekanik dan listrik yang ada di dalam kristal (Moheiman dan Fleming, 2006). Efek *piezoelectric* mendeskripsikan hubungan antara tegangan mekanik dan tegangan listrik yang bersifat *reversible* yaitu dapat menghasilkan *direct piezoelectric effect* (menghasilkan energi listrik apabila diterapkan tegangan mekanik) dan akan menghasilkan *reverse piezoelectric effect* (menghasilkan tegangan dan/atau regangan mekanik jika diterapkan beda potensial listrik) (Krisdianto dkk, 2011), seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2. 3 Efek *Piezoelectric* (Uchino, 2017a)

Piezoelectric merupakan fenomena yang terjadi pada material *piezoelectric* ketika mendapat gaya atau tekanan akan menimbulkan muatan listrik dipermukaan *piezoelectric*-nya. Sumber fenomena ini adalah adanya distribusi muatan listrik pada sel-sel kristal. *Piezoelectric* memiliki nilai koefisien muatan pada interval 1-100 pC/N. Hal ini bisa dimanfaatkan untuk perangkat elektronik dengan tegangan atau arus yang rendah. Sedangkan untuk daya keluaran pada *piezoelectric* bisa dihitung dengan menggunakan **Persamaan 2.1**.

$$P = V.i \quad 2.1$$

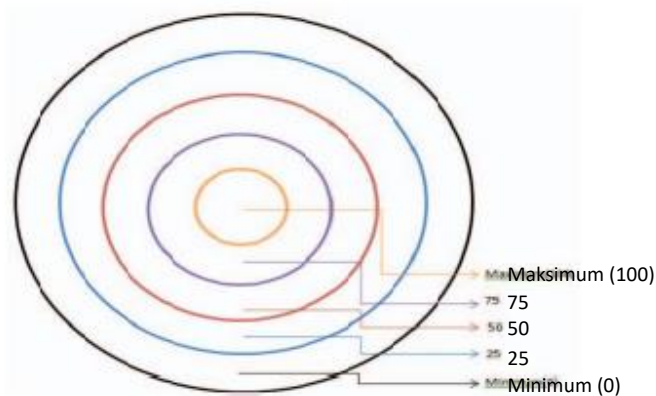
dengan,

P = Daya Listrik (watt);

V = Tegangan (volt);

i = Arus (ampere) (Fang dkk, 2017).

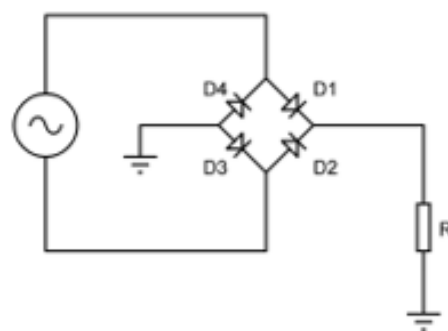
Letak tekanan pada permukaan *piezoelectric* memiliki karakteristik energi optimal dari yang dihasilkan. Daya tertinggi diperoleh pada saat tekanan berada di tengah *piezoelectric* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2. 4 Pengaruh Posisi Tekanan Terhadap Energi *Piezoelectric* (Patil dkk, 2015)

2.4 Rectifier

Penyearah gelombang (*rectifier*) adalah rangkaian penyearah yang mengubah arus bolak-balik (*Alternating Current*) yang secara periodik berubah arah menjadi arus searah (*Direct Current*) yang hanya bertahan pada satu arah. Terdapat jenis penyearah gelombang diantaranya penyearah setengah gelombang (*half wave*) dan penyearah gelombang penuh (*full wave*) (Mahobia dan Kumrey, 2016). Pada penelitian ini menggunakan penyearah gelombang penuh dengan menggunakan konfigurasi jembatan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.5**.



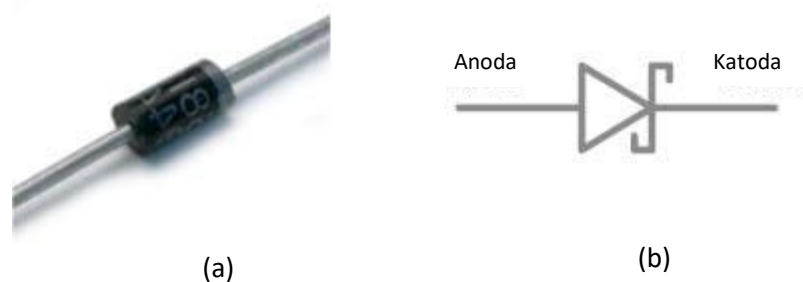
Gambar 2. 5 Rangkaian Penyearah Dioda *Bridge*

Penyearah sistem jembatan ini ialah menggunakan 4 dioda yang disusun seperti model jembatan untuk menyearahkan gelombang AC. Prinsip kerjanya dimulai saat sinyal input ada pada siklus pertama dioda D1 dan D3 akan mengalami *forward*

bias di mana dioda akan ON, sementara D2 dan D4 akan mengalami *reverse bias* di mana dioda akan OFF sehingga arus mengalir melalui D1 dan D3. Sedangkan saat sinyal input berada pada siklus berikutnya dioda D1 dan D3 akan mengalami *reverse bias* di mana dioda akan OFF, sementara D2 dan D4 akan mengalami *forward bias* di mana dioda akan ON sehingga arus mengalir melalui D2 dan D4 (Serway, 2010)

2.4.1 Dioda Schottky

Dioda *schottky* merupakan salah satu jenis dioda yang bekerja berdasarkan prinsip *schottky barrier*. Prinsip kerja dioda jenis ini ditemukan oleh seorang fisikawan Jerman bernama Walter H. Schottky pada tahun 1938. Bentuk dan simbol dari dioda *schottky* ditunjukkan pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2. 6 (a) Bentuk Dioda *Schottky*, (b) Simbol Dioda *Schottky*

Prinsip kerja dari dioda *schottky* ini memanfaatkan *schottky barrier* yang terbentuk pada persambungan antara metal dan semikonduktor. Karakteristik *schottky barrier* ini bersifat *rectifying* (menyearahkan) di mana pada saat diberikan *forward bias* dapat dilewati oleh *majority carriers* namun pada saat diberikan *reverse bias*, *schottky barrier* yang terbentuk menghalangi perpindahan *majority carriers* sehingga tidak dapat dilewati arus (Sankaran dan Kenneth, 2002).

Arus listrik akan mengalir melalui dioda *schottky* secara *forward bias*, apabila tegangan maju yang cukup diberikan ke dioda *schottky*. karena arus listrik tersebut akan terjadi kehilangan tegangan kecil pada saat melintasi terminal dioda, kehilangan tegangan ini disebut *drop voltage*. *Drop voltage* pada dioda silikon

(normal) biasanya sekitar 0,6 V-0,7 V, sementara *drop voltage* pada dioda *schottky* hanya sekitar 0,2 V-0,3 V. Tegangan yang terbuang untuk mengaktifkan dioda silikon sekitar 0,6 V-0,7 V sedangkan tegangan yang terbuang pada dioda *schottky* hanya sekitar 0,2 V-0,3 V. Maka artinya dioda *schottky* mengonsumsi tegangan lebih kecil jika dibandingkan dengan dioda normal pada umumnya (Etezzad dan Kahrizi, 2006).

Dioda *schottky* disebut juga sebagai *majority carriers* divais. Bila semikonduktor yang digunakan menggunakan doping tipe *n*, hanya *carrier* tipe *n* (elektron) yang berperan besar dalam mode operasi divais tersebut. Hal ini berbeda dengan dioda *pn* konvensional di mana proses penyearahan melibatkan rekombinasi antara elektron dan *hole* (*majority carriers* dan *minority carriers*) yang cukup lambat. Hal tersebut menyebabkan proses transisi divais dari kondisi ON menjadi OFF atau sebaliknya memiliki waktu yang cukup signifikan, hal ini disebut *switching time*. Pada dioda *pn*, *switching time* ini dapat mencapai skala *microseconds*. Berbeda dengan dioda *pn*, proses rekombinasi pada dioda *schottky* tidak terjadi, oleh sebab itu *switching time* pada dioda *schottky* dapat lebih cepat daripada dioda *pn*. Karena tidak dapat rekombinasi *pn*, kecepatan operasi pada divais dioda *schottky* sangat dipengaruhi oleh kapasitansi yang terbentuk antara persambungan metal dan semikonduktor (Manohara dkk, 2005).

2.5 Keramik

Keramik banyak didefinisikan sebagai bahan non-metal (Arifin dan Martomi, 2009), dan keramik juga banyak digunakan dalam aktivitas sehari-hari oleh manusia. Keramik berasal dari bahasa Yunani yaitu “keramos” yang memiliki arti yang berbeda-beda. Definisi keramik itu sendiri ada tiga macam yaitu bahan atau mineral yang terbuat dari tanah liat yang dibakar, material anorganik yang tersusun atas unsur logam dan non logam yang berkaitan ionik atau kovalen, dan semua material yang bersifat keras, rapuh, tahan panas, dan tahan korosi serta mengandung satu atau lebih unsur logam termasuk oksigen. Berdasarkan fungsinya keramik dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yang pertama yaitu keramik tradisional yang banyak digunakan untuk produk-produk yang sederhana seperti bahan-bahan

abrasif refraktori (tahan panas), gelas, porselin dan bahan bangunan seperti beton, lantai dan lain-lain. Kedua, keramik modern yang penggunaannya pada teknologi canggih atau alat-alat teknik. Keramik modern memiliki sifat-sifat listrik, sifat mekanik dan sifat termal yang baik, sehingga digunakan untuk teknologi canggih (Sidabutar, 2017).

Industri keramik di Indonesia termasuk industri gelas dan kaca serta semen, berkembang dengan pesat sejak 1980 terutama untuk industri produsen ubin keramik. Saat ini Indonesia menjadi produsen ubin keramik ke 5 di dunia setelah Italia, China, Spanyol dan Brazil, karena ketersediaan sumber bahan baku yang melimpah di Indonesia seperti tanah liat, pasir kuarsa, batu kapur dan lain lain. (Sagala, 1997). Salah satu produk keramik lantai ditunjukkan pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7 Keramik Lantai

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung pada bulan Mei 2022 sampai Oktober 2022.

3.2 Alat dan Bahan

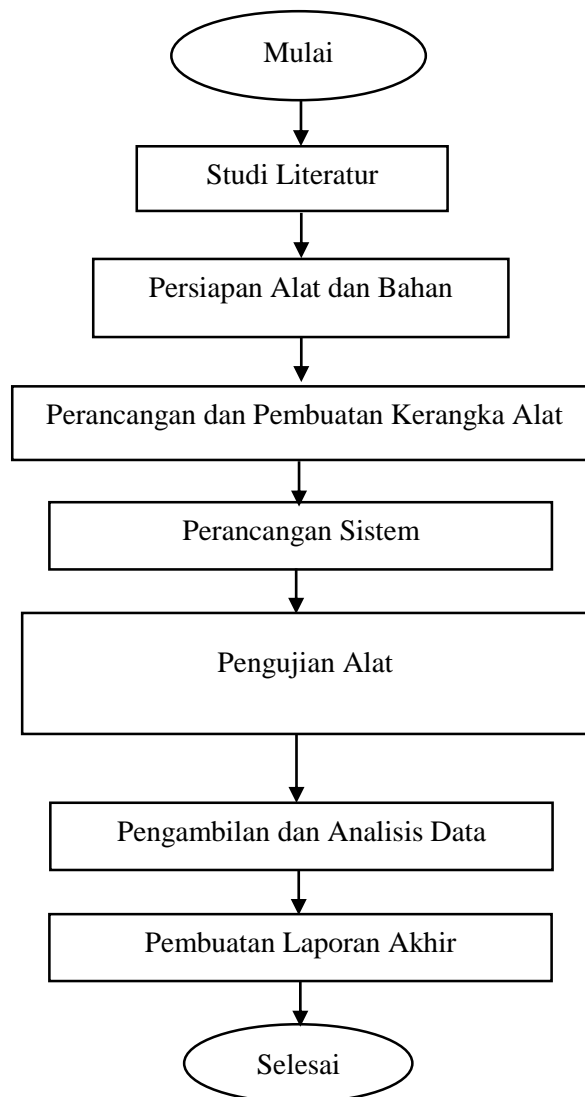
Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.1** berikut.

Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian

No.	Alat dan Bahan	Fungsi
1.	<i>Piezoelectric</i> tipe PZT 27 mm	Bahan penelitian
2.	Dioda <i>Schottky</i>	Penyearah tegangan AC ke DC
3.	LED (<i>Light Emitting Diode</i>)	Lampu indikator
4.	<i>Double Tape</i>	Merekatkan komponen
5.	Kabel	Menghubungkan antar komponen
6.	Busa	Lapisan rangkaian
7.	PCB <i>Layout</i>	Papan penghubung komponen
8.	Timah	Menyatukan komponen
9.	<i>Solder</i>	Melelehkan timah
10.	Multimeter	Mengukur besaran elektrik
11.	Jepit Buaya	Menyalurkan listrik
12.	Keramik Lantai 30 x 30 cm	Alas dan penutup rangkaian

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk membuat rancang bangun sumber energi terbarukan dengan memanfaatkan *piezoelectric* yang terinstalasi pada keramik lantai 30 x 30 cm. Prosedur penelitian yang dilakukan yaitu perancangan dan pembuatan kerangka alat, perancangan sistem dan pengujian alat, kemudian analisis data penelitian. Secara umum prosedur penelitian ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.

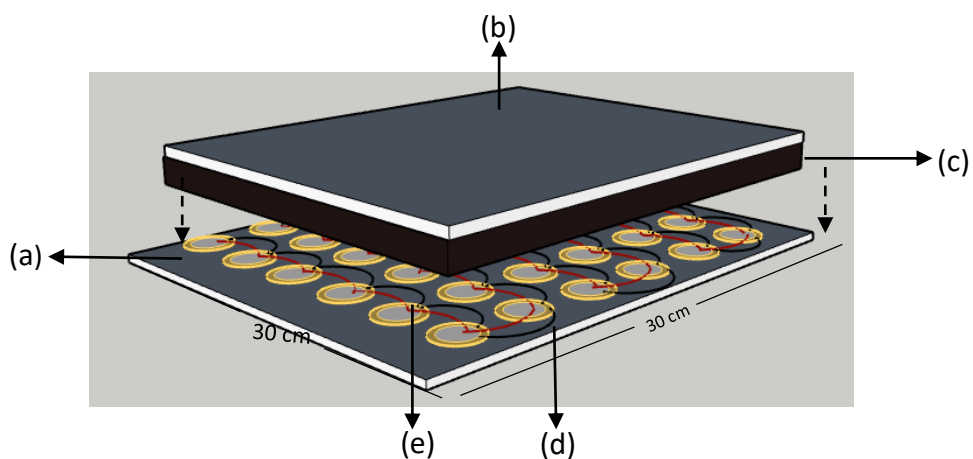


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Perancangan dan Pembuatan Kerangka Alat

Perancangan dan pembuatan kerangka alat meliputi pembuatan desain alat secara umum, yaitu kerangka alat yang berfungsi sebagai tempat peletakan *piezoelectric* menggunakan keramik lantai berukuran 30 x 30 cm. Pada bagian atas keramik lantai tersebut terpasang *piezoelectric* jenis PZT berukuran 27 mm sebanyak 36 buah yang tersambung oleh kabel secara paralel guna menghasilkan daya yang lebih besar. Output dari *piezoelectric* kemudian dihubungkan ke sebuah *rectifier* gelombang penuh agar dapat diaplikasikan. Setelah rangkaian terpasang maka akan dilapisi oleh busa berukuran 30 x 30 cm dengan tebal 2 cm yang terpasang pada bagian bawah keramik lantai berukuran 30 x 30 cm sebagai penutup dari rangkaian yang nantinya akan diberi beban dari pijakan kaki manusia. Desain rangkaian alat dapat dilihat pada

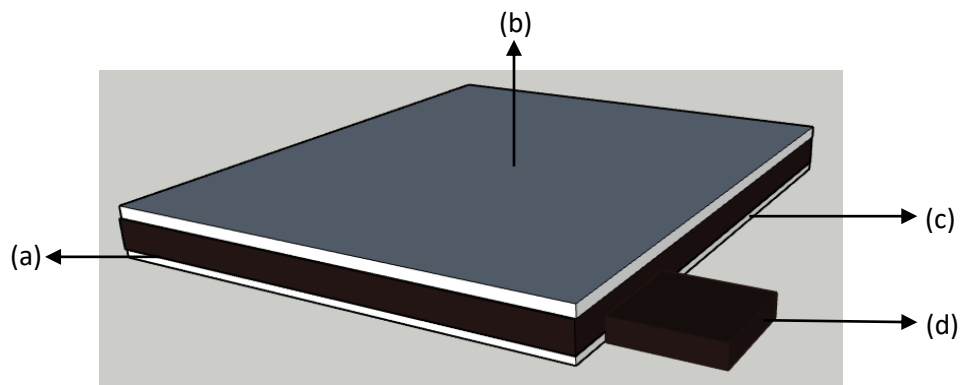
Gambar 3.2 dan **Gambar 3.3**.



Gambar 3.2 Desain Rangkaian Alat Pada Keramik

Keterangan :

- a. Keramik Rangkaian;
- b. Keramik Penutup;
- c. Busa;
- d. Kabel Penghubung;
- e. *Piezoelectric*.



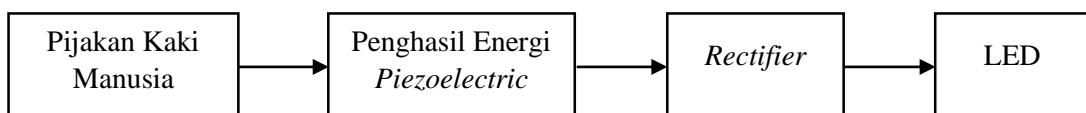
Gambar 3.3 Desain Rangkaian Saat Ditutup

Keterangan :

- a. Rangkaian *Piezoelectric*;
- b. Keramik Penutup;
- c. Busa;
- d. *Rectifier*.

3.3.2 Perancangan Sistem dan Pengujian Alat

Pada tahap ini akan dilakukan perancangan sistem dan pengujian alat. Secara umum blok diagram sistem dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3.4 Blok Diagram Sistem

Pada **Gambar 3.3** massa beban yang diberikan berupa pijakan kaki manusia dan energi yang dihasilkan diubah menjadi energi listrik oleh material *piezoelectric*. Keluaran dari *piezoelectric* kemudian masuk ke rangkaian *rectifier* yang berfungsi untuk menyearahkan tegangan AC yang dihasilkan oleh *piezoelectric* menjadi tegangan DC yang akan digunakan oleh lampu indikator yaitu LED.

3.4 Rancangan Data Hasil Pengamatan

Data yang akan diperoleh pada pengujian rancang bangun *piezoelectric* berdasarkan variasi massa beban (Kg) yang berasal dari pijakan kaki manusia adalah besar tegangan (V) dan kuat arus (I). Rancangan data hasil pengamatan yang diperoleh ditunjukkan seperti pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Hasil Pengamatan Berdasarkan Massa Beban pada *Piezoelectric*

No.	Massa Beban (Kg)	Tegangan (V)	Arus (I)
1.	46		
2.	56		
3.	68		
4.	79		

Selanjutnya data yang diperoleh pada pengujian rancang bangun *piezoelectric* berdasarkan durasi pijakan yang diberikan pada rangkaian berupa besar tegangan (V) dan kuat arus (I). Rancangan data hasil pengamatan yang diperoleh ditunjukkan seperti pada **Tabel 3.3**.

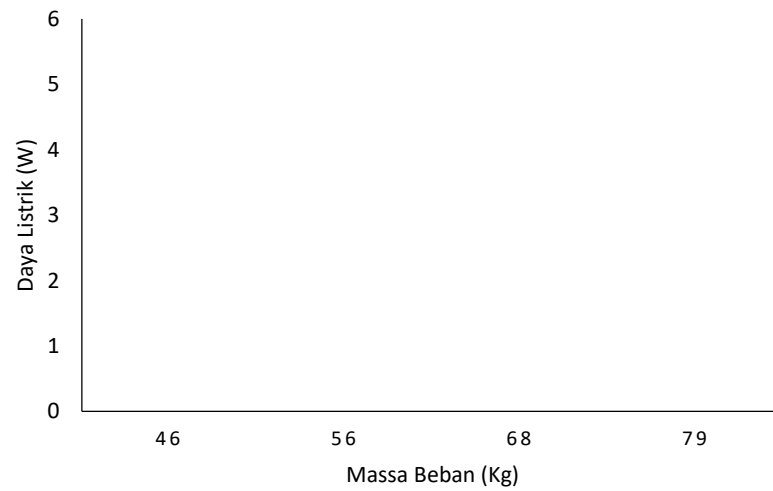
Tabel 3.3 Hasil Pengamatan Berdasarkan Durasi Pijakan pada *Piezoelectric*

No.	Durasi (detik)	Tegangan (V)	Arus (I)
1.	0,5		
2.	1		
3.	1,5		

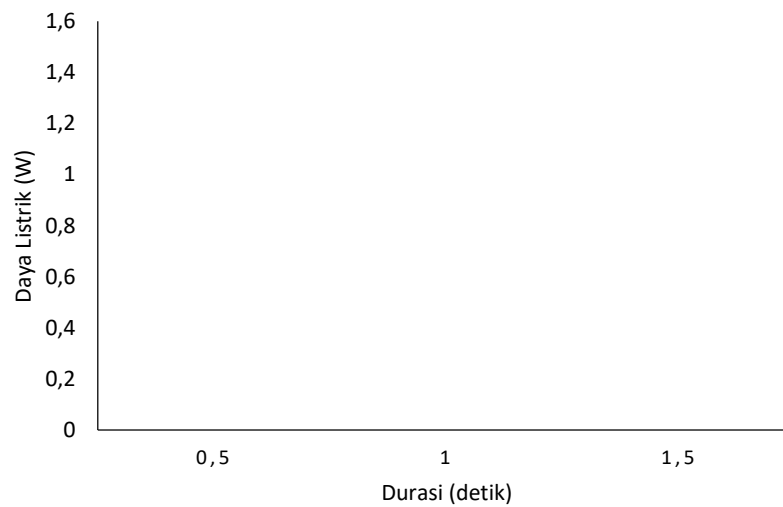
3.5 Rancangan Analisis Data

Hasil data pengamatan yang diperoleh pada penelitian maka dianalisis bagaimana pengaruh variasi massa beban dan durasi pijakan terhadap daya listrik yang

dihasilkan oleh *piezoelectric*. Analisis data diplot dalam bentuk grafik, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.5** dan **Gambar 3.6**.



Gambar 3.5 Grafik Daya Listrik Berdasarkan Massa beban



Gambar 3.6 Grafik Daya Listrik Berdasarkan Durasi Pijakan

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data maka diperoleh simpulan sebagai berikut.

- a. Telah terealisasi sebuah sistem rancang bangun sumber energi terbarukan dengan memanfaatkan *piezoelectric* yang terinstalasi pada keramik lantai 30 x 30 cm.
- b. Daya yang dihasilkan dari hasil pengujian sistem rancang bangun sumber energi terbarukan *piezoelectric* pada saat variasi massa beban 46 kg sebesar 0,06 W, pada saat massa beban 56 kg sebesar 0,10 W, pada saat massa beban 68 kg sebesar 0,14 W, dan pada saat massa beban 79 kg sebesar 0,16 W.
- c. Daya yang dihasilkan dari hasil pengujian sistem rancang bangun sumber energi terbarukan *piezoelectric* pada saat durasi pijakan selama 0,5 detik sebesar 0,04 W, saat 1 detik sebesar 0,05 W, dan saat 1,5 detik sebesar 0,06 W.
- d. Pengaruh variasi massa beban massa beban berbanding lurus terhadap tegangan dan arus yang dihasilkan oleh rancang bangun *piezoelectric*. Semakin besar massa beban yang diberikan pada *piezoelectric*, maka semakin besar tegangan dan arus yang dihasilkan.

5.2 Saran

Adapun saran berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, yaitu.

- a. Menggunakan *piezoelectric* tipe lain untuk memaksimalkan daya listrik yang dihasilkan pada rancang bangun sumber energi terbarukan.
- b. Membuat desain rancang bangun sumber energi terbarukan *piezoelectric* yang lebih baik untuk pengoptimalan daya listrik yang dihasilkan.
- c. Menambahkan rangkaian penyimpanan energi listrik agar daya yang dihasilkan dapat disimpan dan digunakan dengan maksimal.
- d. Menggunakan penambahan modul untuk membuat rancang bangun yang lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamanda, D., Dermawan, E., Diniardi, E., Syawaluddin, S., Ramadhan, AI. 2016. Pengujian Desain Model Piezoelektrik PVDF Berdasarkan Variasi Tekanan. In Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Arifin, Fatahul., dan Martomi, Eka Satria. 2009. Keramik (Advance Ceramics) Sebagai Material Alternatif di Bidang Kesehatan. *Jurnal Austenit*. vol. 1, no. 1.
- Bavlen, K., Agnihotr, A., Thapar, D., dan Arora, N. 2019. Piezoelectric Energy Harvester Design and Power Conditioning with Solar Integration, 978-1-7281-5543-2/19/\$31.00 ©2019 IEEE.
- Dannier, A., Brando, G. and Ruggiero, F. N. 2019. The Piezoelectric Phenomenon in Energy Harvesting Scenarios : A Theoretical Study of Viable Applications in Unbalanced Rotor Systems. *Energies*. vol. 3. no. 9. pp. 23-34.
- Etezad, Maryam., dan Kahrizi, Mojtaba. 2006. Schottky Barrier Carbon Nanotube Field Effect Transistor: Electronic Characterizations. *Jurnal IEEE*.
- Fang, L. H., Hassan, S. I. S., Rahim, R. A., Isa, M., dan Ismail, B. 2017. Exploring Piezoelectric for Sound Wave as Energy Harvester. *Energy Procedia*, vol. 105: 459-466.
- Gomez, E. S. 2020. *Piezoelectric Ceramics*. Croatia: Sciyo.
- Gopinath, R., Lavanya, M., dan Arivalagan, M. 2018. Power Generating Using Human Footstep with Piezoelectric Sensor and Treadmill. *International Journal of Pure and Research & Development*, vol. 3, p. 1635.
- Gupta, A., dan Sharma, A. 2015. Piezoelectric Energy Harvesting via Shoe Sole. *International Journal of New Technology and Research (IJNTR)*, vol. 1, pages 10-13.

- Hidayatullah, W., Syukri, M., dan Syukriyadin. 2016. Perancangan Prototype Penghasil Energi Listrik Berbahan Dasar Piezoelektrik. *Jurnal Online Teknik Elektro*. vol 1. no. 3. pp. 63-67.
- Howells, C. A. 2018. Piezoelectric energy harvesting. *Energy Conversion and Management*. Vol. 50. No. 7. pp. 1847-1850.
- Imbarothur, M. M., Junaidi, A., dan Purwanto, S. 2018. Lantai Pemanen Energi Menggunakan Piezoelectric. *Jurnal Energi & Kelistrikan Sekolah Tinggi Teknik PLN*. vol. 10, no. 2, p. 1.
- Krisdianto, A. N., Hendrowati, W., dan Sutantra, N. 2011. Studi Karakteristik Energi yang Dihasilkan Mekanisme Vibration Energy Harvesting dengan Metode Piezoelectric untuk Pembebanan Frontal dan Lateral. *Jurnal Teknik Mesin*. vol. 2 no. 3. Pp. 23-36.
- Mahobia, S. K., dan Kumrey, G. R. 2016. Study and Performance of Single-Phase Rectifiers With Various Type of Parameter. *Int. J. Eng. Technol. Manag. Res.*, vol. 3, no.1, pp. 9-14.
- Manohara, H. M., Wong, E. W., Schlecht, E., Hunt, B. D., dan Siegel, P. H. 2005. *Carbon Nanotube Schottky Diodes Using Ti-Schottky and Pt-Ohmic Contacts for High Frequency Applications*. Nano Letters. vol. 5. no. 7, 1469-1474.
- Maulana, R. 2016. Pemanfaatan Sensor Piezoelectric sebagai Penghasil Sumber Energi pada Sepatu. *Jurnal Teknik Elektro*. vol. 2. no. 3. pp. 98-111.
- Moheiman, S. R., dan Fleming, A. J. 2006. *Piezoelectric Transducers for Vibration Control and Damping*, London: Springer-Verlag.
- Patil, A., Joshi, S., Jadhav, M., dan Britto, E. 2015. Energy Harvesting using Piezoelectricity Renewable and Sustainable Energy Conversion Using Piezoelectric Transducers. *International Conference on Energy Systems and Applications*. vol. 1. no. 15. Pp. 517-521.
- Putra, Dimas Ramadhan., Oktoricoento, J. S., Sahrudin, M., Mujirudin, H., Ramza, O., Heriyani dan Maddu, A. 2018. Energi Alternatif Melalui Getaran Beban Mekanis. *Seminar Nasional Teknoka*, vol. 3.
- Ramli, M. Iqbal., dan Irfan. 2017. Perancangan Sound Energy Harvesting Berbasis Material Piezoelektrik untuk Memanfaatkan Kebisingan di Sepanjang Ruas Pantai Losari menuju Losari sebagai Ruang Publik Hemat Energi. *Hasanuddin Student Journal*, vol. 1(1): 66-72.
- Rosman, M. N., dan Azhan, N. H. 2019. *Piezoelectric Transducer Application for Sound Vibration Energy Harvesting: A Case Study of Passing Road Vehicles*. University Kuala Lumpur British Malaysian Institute, vol. 020117: 1-7.

- Safei, M., Sodano, H. I., dan Anton, S. A. 2019. A review of Energy Harvesting Using Piezoelectric Materials: State-of-the-art a decade later (2008-2018). *Smart Materials and Structures*. vol. 28.
- Sagala, Meda. 1997. Status penelitian dan Pengembangan Bahan Keramik dalam Industri Nasional Menghadapi Era Globalisasi. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi*.
- Sankaran, Swaminathan., dan Kenneth, K. O. Schottky Barrier Diodes for Millimeter Wave Detection in a Foundry CMOS Process. *Silicon Microwave Integrated Circuits and System Research Group (SiMICS) University of Florida*.
- Serway, A. Ramond. 2010. *Rangkaian Listrik in Fisika untuk Sains dan Teknik 6th edition*. Jakarta: Salemba Teknika.
- Setiawan, R. A., Alam, S., Murdika, U., dan Sumadi. 2020. Rancang Bangun Sistem Pemanen Energi di Lantai Menggunakan Modul BQ25570 pada Aplikasi Piezoelectric Energy Harvesting. *Jurnal Sains dan Teknologi Trunojoyo*. 13(3): 277-283.
- Sidabutar, Tri Exaudi. 2017. Pembuatan dan Karakterisasi Keramik Magnesium Alumina Silika dari Abu Vulkanik Gunung Sinabung. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*. vol. 06, no. 1.
- Uchino, K. 2017a. *Introduction to Piezoelectric Actuators and Transducers*. United States: Penn State University.
- Uchino, K. 2017b. *The Development of Piezoelectric Materials and the New Perspective*. United States: Penn State University.
- Widodo, F. H., Kirom, M. R., dan Qurthobi, A. 2017. Perancangan Sistem dan Monitoring Sumber Arus Listrik dari Lantai Piezoelectric untuk Pengisian Baterai. *e-Proceeding of Engineering*, vol. 4, no. 1, p. 795.
- Yulia, E., Putra, P. E., Ekawati, E., dan Nugraha. 2016. Polisi Tidur Piezoelectric sebagai Pembangkit Listrik dengan Memanfaatkan Energi Mekanik Kendaraan Bermotor. *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*. vol. 8. no. 1. pp. 105-114.