

## Rancang Bangun Sumber Pembangkit Energi Listrik Berbasis Piezoelektrik Pada Sepatu Untuk Pendaki Gunung

**Fadila Alfraidila Ramadhan\*, Rahmad Rasyid, Harmadi**  
Laboratorium Fisika Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika,  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas,  
Kampus Unand, Limau Manis, Padang 25163, Indonesia  
[alfraidila@gmail.com](mailto:alfraidila@gmail.com)

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 2 Februari 2022  
Direvisi: 29 Maret 2022  
Diterima: 19 Mei 2022

#### Kata kunci:

Arus  
Piezoelektrik  
Tegangan  
Tekanan

#### Keywords:

Current  
Piezoelectric  
Voltage  
Pressure

#### Penulis Korespondensi:

Fadila Alfraidila Ramadhan  
Email: [alfraidila@gmail.com](mailto:alfraidila@gmail.com)

### ABSTRAK

Telah dirancang sebuah perangkat sumber pembangkit energi listrik berbasis piezoelektrik pada sepatu untuk pendaki gunung. Piezoelektrik digunakan untuk memperoleh energi listrik yang dihasilkan dari adanya tekanan. Energi listrik yang dihasilkan lalu disimpan pada baterai litium 3,7 V yang sebelumnya disearahkan dari arus AC (*Alternating Current*) ke arus DC (*Direct Current*) menggunakan dioda penyearah. Hasil tegangan input listrik kemudian ditampilkan pada LCD (*Liquid Crystal Display*) yang datanya diolah menggunakan mikrokontroler Arduino Uno melalui sensor tegangan. Alat ini mampu mengisi daya kebutuhan elektronik saat mendaki gunung seperti *handphone/smartphone* dan lampu penerangan. Pengujian dilakukan dengan bervariasi kondisi medan pegunungan pada keadaan diam, berjalan, dan jalan mendaki. Alat ini mampu menghasilkan tegangan maksimal sebesar 22,4 V dan arus maksimal 18,4 mA saat jalan mendaki. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar tekanan yang diberikan oleh kaki dari pendaki gunung, maka semakin besar pula tegangan dan arus yang dihasilkan.

*A piezoelectric-based electrical energy generator device has been designed in shoes for mountain climbers. Piezoelectric is used to obtain electrical energy resulting from pressure. The electrical energy produced is then stored in a 3.7 V lithium battery which was previously rectified from AC (Alternating Current) to DC (Direct Current) using a rectifier diode. The resulting electrical input voltage is then displayed on the LCD (Liquid Crystal Display) whose data processing uses the Arduino Uno microcontroller through a voltage sensor. This tool is able to charge electronic needs when climbing mountains such as cellphones/smartphones and lighting. The test was carried out by varying the conditions of the mountainous terrain at rest, walking, and jumping. This tool is capable of producing the highest voltage and current of 22.4 V and 18.4 mA. The results of this study indicate that the greater the pressure exerted by the foot of the mountain climber, the greater the voltage and current generated.*

Copyright © 2022 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan utama yang tidak dapat dilepaskan penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari (Afif and Rini, 2018), seperti mengisi daya *handphone* dan pencahayaan yang biasa digunakan para petualang. Data dari Kementerian Pariwisata menyatakan bahwa wisata petualangan memberikan kontribusi kunjungan wisatawan sebanyak 25% dari total jumlah wisatawan wisata alam. Aktivitas pendakian gunung semakin banyak peminatnya sedangkan sumber energi listrik tidak tersedia di gunung. Pendaki gunung biasanya membawa *handphone* dan senter yang hanya memiliki kapasitas baterai yang terbatas. Perjalanan dalam mendaki bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan sumber energi baru, yaitu energi listrik melalui gerakan kaki manusia. Energi listrik bisa diperoleh dari tekanan yang dihasilkan saat berjalan. Material yang apabila diberi tekanan akan menghasilkan arus listrik adalah piezoelektrik (Rahayu *et al.*, 2013).

(Shaputra and Rasyid, 2019) telah memanfaatkan pecahan ombak sebagai sumber energi listrik dengan menggunakan sensor piezoelektrik. Hasil yang diperoleh dari pengujian alat secara keseluruhan menunjukkan bahwa alat yang dirancang berhasil menghasilkan energi listrik ketika sistem dikenai hantaman ombak laut. Tegangan keluaran sistem berbeda-beda untuk setiap *groin*. Tegangan rata-rata yang dihasilkan dari pengujian piezoelektrik menggunakan tenaga ombak laut paling rendah berada pada *groin* dengan panjang 20 meter sebesar 1,75 volt, dan terus meningkat seiring dengan penambahan panjang *groin* hingga 60 meter dengan tegangan rata-rata 2,75 volt.

(Ratih *et al.*, 2019) telah melakukan penelitian tentang *powerbank* piezoelektrik menggunakan tekanan tangan. Hasil dari penelitian menyatakan alat *powerbank* piezoelektrik dapat disimpulkan bahwa tegangan dan arus yang dihasilkan piezoelektrik yang disusun secara paralel lebih besar daripada rangkaian seri. Tekanan yang diberikan kepada piezoelektrik berbanding lurus dengan tegangan yang diukur pada kapasitor. Semakin banyak tekanan maka tegangan yang terukur semakin besar. Pemberian saklar sebelum modul XL6009 sangat berpengaruh terhadap *output* karena pada modul XL6009 terdapat beban yang menghambat. Untuk menghasilkan *output* yang besar maka saat pengisian baterai *powerbank* kondisi saklar *off* agar input tidak terbebani oleh modul, dan untuk mengalirkan arus untuk mengisi daya *handphone* maka saklar harus *on*. Penggunaan modul XL6009 membuat tegangan *output* menjadi stabil dan besar. Untuk mengisi daya baterai *powerbank* dibutuhkan waktu yang lama dalam menekan karena arus yang dihasilkan piezoelektrik terlalu kecil.

(Kirom, 2017) telah melakukan penelitian menggunakan material piezoelektrik jenis PZT (*lead zirconate titanate*) yang diimplementasikan pada lantai memanfaatkan tekanan kaki menjadi input mekanik untuk mendapatkan energi listrik dari material piezoelektrik. Piezoelektrik yang digunakan adalah tipe *disc* dengan diameter 5 cm dan diparalel sebanyak 40 buah pada sebuah bidang lantai berdimensi 30x30 cm. Sebuah dioda zener yang dipasang secara paralel dengan input untuk menjaga tegangan output tetap 5 volt meski nilai tegangan inputnya tidak konstan. Terdapat juga sebuah rangkaian *low pass filter* RC untuk memfilter frekuensi input. Sistem tersebut dapat dimonitoring nilai arus outputnya pada sebuah *display* LCD berdasarkan pembacaan sensor arus LOG112 yang kemudian data pembacaannya dikirimkan pada sebuah mikrokontroler arduino. Arus dan tegangan yang dihasilkan piezoelektrik digunakan untuk pengisian baterai. Besar kecil nilai arus dan tegangan yang dihasilkan piezoelektrik berbanding lurus dengan besar gaya yang diberikan, selain itu frekuensi pijakan mempengaruhi waktu pengisian baterai.

Berdasarkan permasalahan dan pemanfaatan piezoelektrik di atas, maka pada penelitian ini sebuah solusi dan inovasi yang dapat membantu para pendaki untuk mengatasi masalah sumber energi listrik yang berjudul “Sumber Pembangkit Energi Listrik Berbasis Piezoelektrik pada Sepatu untuk Pendaki Gunung”. Prinsip Kerja alat ini memanfaatkan sensor piezoelektrik sebagai sumber pembangkit energi listrik yang dihasilkan dari gerakan kaki para pendaki gunung. Energi listrik dihasilkan akibat adanya tekanan pada sepatu dari piezoelektrik.

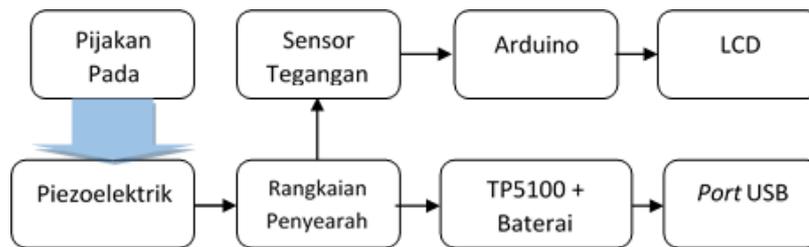
## II. METODE

### 2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam perancangan ini meliputi sensor tegangan, multimeter digital, PC (*Personal Computer*) dan *port* USB. Bahan yang digunakan meliputi piezoelektrik, baterai lithium 3.7 volt, PCB, kabel listrik, LCD, baterai *holder* dan *insole* sepatu.

### 2.2 Perancangan Diagram Blok Sistem

Penyusunan konsep ini merupakan logika berpikir dalam mencapai keluaran yang efektif bertujuan untuk menghasilkan energi listrik berdasarkan dari gerakan kaki pendaki saat berjalan. Cara kerja percobaan ini diawali dengan adanya energi dari tekanan pada sepatu kemudian diterima piezoelektrik yang memiliki prinsip jika medan listrik terbentuk ketika material dikenai tekanan mekanik. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 1.

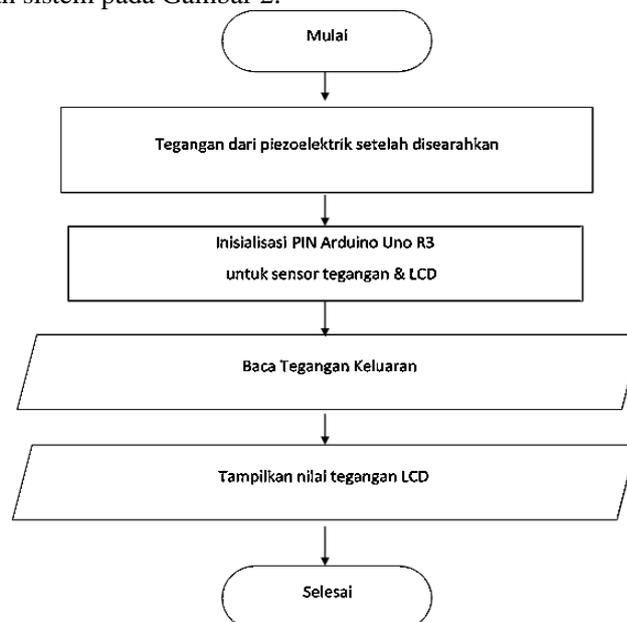


Gambar 1 Perancangan diagram blok sistem

Piezoelektrik mengkonversikan energi mekanis dari tekanan menjadi energi listrik dengan arus AC (*Alternating Current*) dan disearahkan menjadi arus DC (*Direct Current*) dengan rangkaian dioda penyearah. Arus DC energi listrik diteruskan dan disimpan pada baterai litium melalui modul *charger* TP5100, kemudian disambung dengan *port* USB (*Universal Serial Bus*) sebagai output energi. Data besar tegangan yang dihasilkan akan diproses setelah arus telah disearahkan dengan menghubungkan dengan sensor tegangan dan ditampilkan pada LCD.

### 2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Sistem perancangan perangkat lunak ini bertujuan untuk pembacaan data tegangan yang disimpan pada perangkat PC. Tegangan keluaran yang didapatkan berasal dari energi mekanis pijakan saat berjalan pada sepatu yang sudah dikonversikan. Tegangan keluaran dihasilkan ketika adanya injakan dari kaki pada sepatu saat berjalan dan kemudian akan terbaca oleh sensor voltage dan ditampilkan pada LCD. Berikut diagram alir pemograman sistem pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir program keseluruhan

## 2.4 Perancangan Pengujian dan Karakterisasi Alat

Perancangan pengujian dan karakterisasi alat dilakukan pada tegangan keluaran piezoelektrik, rangkaian dioda penyearah dan penyimpanan energi listrik pada baterai. Konfigurasi material piezoelektrik terletak pada insole di dalam sol sepatu. Karakterisasi piezoelektrik dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh prototipe, dengan menggunakan multimeter digital. Pengujian rangkaian dioda penyearah dilakukan dengan menggunakan trafo. Hasil pengujian akan ditampilkan menggunakan osiloskop berupa sinyal tegangan masukan dari rangkaian tersebut. Pengujian penyimpanan energi menggunakan modul pengisian daya TP5100 yang memiliki pemantau arus, pengunci tegangan dengan arus cas maximum 1000 mA / 1A, dan dua status pin yang mana pada modul ini dihubungkan dengan 2 lampu LED indikator dengan LED merah menandakan sedang diisi, dan biru saat baterai sudah penuh. Pengujian penyimpan pada baterai dilakukan dengan cara memberikan tegangan masukan DC dgn nilai tegangan DC 3,7 v dan akan dilihat berhasil menyimpan atau tidak. Untuk mengujinya dilakukan dengan memberikan masukan arus listrik melalui catu daya, pada saat baterai lithium diisi daya, maka LED pada modul TP5100 akan menyala dengan warna merah, dan pada saat baterai lithium sudah penuh, maka modul akan menyalakan LED berwarna biru.

## 2.5 Pengujian Sistem Pendeteksi dan Pengambilan Data

Pengujian alat secara keseluruhan bertujuan melihat semua komponen dan alat bekerja seperti semestinya. Pengujian dilakukan mulai dari bagian awal sistem agar jika terjadi kesalahan dapat diperbaiki dengan cepat. Variasi pengujian dibagi dalam beberapa kondisi, yaitu pada saat jalan mendaki, jalan biasa, dan dalam keadaan diam ditempat. Data akan diambil dari masing-masing keadaan berupa tegangan input rata-rata dari setiap variasi.

## III. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Pengujian dan Karakterisasi Piezoelektrik

Tahapan yang dilakukan dalam pengukuran tegangan dan arus dengan 3 buah piezoelektrik. Pengujian dilakukan dengan dua tahap, yang pertama karakterisasi rangkaian paralel dan seri. Tahap selanjutnya karakterisasi dengan pengujian terhadap variasi jumlah piezoelektrik. Pengambilan data dilakukan setiap kali diberi tekanan, lalu tegangan dan arus yang terukur oleh multimeter dicatat. Data yang diperoleh dari pengujian rangkaian paralel dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1** Hasil pengujian karakterisasi piezoelektrik rangkaian paralel

Jumlah piezoelektrik	Tegangan ( V )	Arus ( mA )	Daya ( mW )
2	3,8	2,0	7,6
	4,4	2,5	11
	3,5	1,9	6,65
	4,1	2,2	9,02
	3,9	1,8	7,02
<b>Rata – rata</b>	3,94	2,08	8,258

Percobaan dilakukan dengan cara memberi tekanan sebanyak lima kali terhadap piezoelektrik. Dari hasil yang diperoleh tegangan rata-rata dihasilkan 3,94 V dan arus listrik yang diperoleh dengan rata-rata 2,08 mA. Pengujian karakterisasi piezoelektrik dengan rangkaian paralel dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2** Hasil pengujian karakterisasi piezoelektrik rangkaian seri

Jumlah Piezoelektrik	Tegangan ( V )	Arus ( mA )	Daya ( mW )
2	3,1	0,5	1,55
	4,2	0,9	3,78
	3,7	0,7	2,59
	3,5	1,1	3,85
	3,6	0,7	2,52
<b>Rata – rata</b>	3,62	0,78	2,858

Langkah percobaan dilakukan sama dengan pada rangkaian paralel. Data pada Tabel 2 menunjukkan tagangan paling besar 4,2 V dan paling kecil 3,1 V dengan rata-rata tegangan 3,62 V. Sedangkan untuk arus yang didapat nilai paling tinggi 1,1 mA dan yang paling rendah 0,5 mA dengan rata-rata 0,78 mA.

Data dari Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan nilai rata-rata tegangan pada rangkaian paralel lebih besar dibanding dengan tegangan pada rangkaian seri dan untuk nilai arus pada rangkaian paralel lebih besar dibandingkan pada rangkaian seri. Daya listrik yang dihasilkan pada masing-masing rangkaian menunjukkan nilai rata-rata rangkaian paralel yang lebih tinggi. Dengan hasil tersebut rangkaian yang akan digunakan pada penelitian ini adalah rangkaian paralel dengan alasan daya listrik yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan rangkaian seri.

Karakterisasi piezoelektrik dengan variasi jumlah juga dilakukan untuk mengetahui tegangan keluaran yang diperoleh sebagai nilai acuan pada penelitian. Adapun hasil pengukuran tegangan dari pengukuran yang dilakukan berdasarkan jumlah yang disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3** Hasil pengujian karakterisasi piezoelektrik variasi jumlah

No	Jumlah piezo yang digunakan	Tegangan rata-rata (V)	Arus rata-rata (mA)
1	1	3,6	0,78
2	2	4,9	1,25
3	3	6,2	2,03

Jumlah piezoelektrik mempengaruhi besar tegangan yang dihasilkan. Nilai keluaran sensor semakin meningkat seiring dengan penambahan jumlah piezoelektrik. Semakin banyak jumlah piezoelektrik yang digunakan maka semakin besar tegangan yang dihasilkan. Begitu sebaliknya semakin sedikit jumlah piezoelektrik yang digunakan maka semakin kecil tegangan yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan tekanan yang diberikan sebanding dengan tegangan yang diperoleh.

### 3.2 Pengujian Kalibrasi Sensor Tegangan

Sensor tegangan DC berupa modul digunakan untuk mendeteksi tegangan keluaran yang dihasilkan piezoelektrik. Karakterisasi sensor tegangan dilakukan untuk mengetahui keakuratan pembacaan sensor tegangan dengan membandingkan pembacaan tegangan pada catu daya sebagai sumber tegangan. Hasil karakterisasi dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4** Hasil kalibrasi sensor tegangan

No	Tegangan (V)	Sensor (V)	Error (%)
1	0,5	0,49	1
2	1	1,03	3
3	1,5	1,56	2,6
4	2	2	0
5	2,5	2,54	1,6
6	3	3	0
7	3,5	3,54	1
8	4	3,96	1
9	4,5	4,51	2
10	5	4,98	0,4

Pembacaan pada sensor tegangan memiliki nilai yang hampir sama dengan pembaca tegangan pada catu daya dengan setiap variasi tegangan yang diberikan. Persentase *error* paling besar terjadi dengan sensor tegangan ialah 2,6% dari sepuluh kali percobaan. Sehingga dapat dikatakan sensor tegangan yang sudah dirangkai mampu membaca tegangan dengan baik.

### 3.3 Pengujian Sistem dengan Variasi Massa Beban

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data keluaran tagangan dan arus dengan memberi tekanan berupa massa beban 47 kg, 56 kg, 65 kg, 70 kg, dan 82 kg dengan rangkaian. Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, percobaan dilakukan secara manual dengan menggunakan multimeter digital yang dihubungkan secara paralel pada rangkaian. Pengujian prototipe untuk percobaan kali ini dilakukan sebanyak 5 kali pijakan dan dicatat nilai keluaran tegangan dan arus persekali pijakan. Ini dilakukan karena efek dari titik pijakan dan juga posisi tegap tubuh manusia yang tidak memiliki kekuatan yang sama pada saat menginjak prototipe ini meskipun berat atau bebannya sama, sehingga akan diambil rata-

rata dari pinjakan tersebut. Hasil yang didapat pada saat pengujian rangkaian terhubung paralel merupakan nilai tertinggi pada setiap massa beban dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5** Hasil pengujian variasi massa beban

No	Massa beban ( kg )	Tegangan ( V )	Arus ( mA )	Daya ( mW )
1	47	12,5	3,1	38,75
2	56	14,3	5,3	75,79
3	65	16,1	8,2	132,02
4	70	17,3	7,7	133,21
5	82	18,4	8,1	149,04
<b>Rata – rata</b>		15,72	6,48	105,762

Dari Tabel 5 bisa dilihat bahwa semakin besar massa beban yang diberikan maka semakin besar pula tegangan dan arus yang dihasilkan oleh prototipe. Arus yang dihasilkan oleh piezoelektrik memang relatif kecil, terbukti arus yang terbaca hanya dalam skala mA. Daya yang didapatkan hasil dari perkalian antara arus dan tegangan, dapat dilihat daya terbesar yang dihasilkan oleh prototipe rangkaian paralel. Terlihat pada rangkaian ini rata-rata nilai daya tertinggi didapatkan pada berat 82 kg dengan 149,04 mW, sedangkan untuk rata-rata nilai daya terendah terdapat pada berat 47 kg 38,75 mW.

### 3.4 Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

Alat yang dirancang dapat menghasilkan listrik ketika adanya tekanan. Pengujian memposisikan piezoelektrik yang telah dilekatkan pada insole sepatu dan diuji pada daerah perbukitan. Variasi pada uji alat ini mengacu pada keadaan diam, berjalan dan jalan mendaki saat pendaki gunung dalam perjalanan dengan kondisi medan perbukitan.

Objek yang digunakan pada pengujian secara keseluruhan ini memiliki massa beban 65 Kg. Harapan dari pengujian alat ini adalah mampu mengisi daya baterai litium 3,7 Volt dan mampu digunakan untuk mengisi daya baterai elektronik yang dibutuhkan seperti, smartphone dan lampu penerangan baik saat melakukan perjalanan maupun pada waktu istirahat. Data pengujian sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6** Hasil pengujian sistem keseluruhan

Massa Badan (kg)	Keadaan					
	Diam		Berjalan		Mendaki	
	V	mA	V	mA	V	mA
65	0,8	0,8	16,1	6,0	22,1	12,3
	1,2	0,9	11,4	5,5	19,7	18,4
	0,9	0,9	10,3	7,4	20,1	11,1
	0,8	0,9	7,3	5,2	22,4	9,1
	1,1	0,9	15,3	8,2	20,3	18,2
<b>Rata-rata</b>	0,96	0,88	12,08	6,46	20,92	13,82

Data pada Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian yang diterapkan pada medan perbukitan saat mendaki gunung memiliki nilai yang cukup baik. Tegangan maupun arus yang dihasilkan berbanding lurus seiring meningkatnya tekanan yang diberikan yang berbeda disetiap keadaannya. Hal ini dipengaruhi karena semakin tinggi pendaki berjalan saat mendaki gunung, maka semakin besar tekanan yang diterima yang nantinya akan dikonversi menjadi energi listrik pada piezoelektrik.

Dari hasil pengujian alat secara keseluruhan ini membuktikan bahwa alat mampu menghasilkan energi listrik dengan tegangan dan arus *input* paling sebesar 22,4 V dan 18,4 mA. Hal ini dikarenakan saat melakukan jalan menanjak tekanan yang diberikan lebih besar saat melakukan jalan mendaki.

## IV. KESIMPULAN

Selama melakukan analisis energi listrik dengan menggunakan piezoelektrik berukuran 3,5 cm, berdasarkan hasil pengujian massa terhadap tegangan, arus, daya, dan penyimpanan. Maka dapat ditarik

beberapa kesimpulan bahwa rangkaian piezoelektrik yang efektif pada pengujian ini adalah menggunakan rangkaian paralel, karena berdasarkan hasil pengujian daya yang diperoleh lebih besar dibandingkan rangkaian seri. Tegangan, arus dan daya yang dihasilkan berpengaruh terhadap jumlah piezoelektrik dan massa beban. Nilai tegangan dan arus maksimum yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebesar 22,4 V dan 18,4 mA.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afif, M. and Rini, N.P. (2018), “Rancang Bangun Instalasi Lampu Pju Termodifikasi Ldr Berbasis Material Piezoelektrik Pada Polisi Tidur”, *Jurnal Fisika FLUX*, Vol. 14 No. 2, p. 85.
- Kirom, M.R. (2017), “System Design And Monitoring Current Power Generated by Piezoelectric Floor for Battery Charging”, *E-Proceeding of Engineering Telkom University*, Vol. 4 vol No. 1, p. 795 hlm.
- Rahayu, S., Astuti and Mardiyanto. (2013), “Sintesis Bahan Piezoelektrik Bnt-Bt Dengan Penambahan TA2O5 Menggunakan Metode Solid State Reaction”, *Jurnal Fisika*, Vol. 2 No. 4, pp. 276–283.
- Ratih, R.M., Yasyak, M.I., Nugroha, H. and Fadlilah, U. (2019), “Powerbank Piezoelektrik menggunakan Tekanan Tangan”, *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 20 No. 1, pp. 55–60.
- Shaputra, C. and Rasyid, R. (2019), “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Berbasis Piezoelektrik dengan Modul Charging TP5100 pada Bangunan Groin Pemecah Ombak Pantai Padang”, *Fiiska Unand*, Vol. 8 No. 4, pp. 342–347.