

**PERANCANGAN SISTEM PENERANGAN LAMPU DENGAN TEKNOLOGI PIEZOELEKTRIK PZT  
DI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS RIAU KEPULAUAN**

Endang Susanti<sup>1</sup> , Ikro Bistama<sup>2</sup>

<sup>1,2)</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan Batam

E-mail : [endang@ft.unrika.ac.id](mailto:endang@ft.unrika.ac.id)<sup>1)</sup>, [ikrogemboy@gmail.com](mailto:ikrogemboy@gmail.com)<sup>2)</sup>

**Abstrak.** Dengan memanfaatkan populasi manusia yang terus bertambah tiap tahunnya, maka penelitian ini dilakukan untuk mengatasi masalah konsumsi kelistrikan yang terus bertambah. Alat ini akan mengubah energi kinetik dari pijakan manusia untuk menghasilkan energi listrik. Dalam penggunaannya, ketika berjalan normal di atas prototipe ini pengaruh sifat elastisitas bahan yang ada pada prototipe ini akan menyebabkan tekanan dan memberikan efek kerja pada sensor piezoelektrik. Kemudian getaran yang dideteksi oleh piezoelektrik akan merespon energi listrik yang dihasilkan. Energi kinetik ini dihasilkan dari pijakan manusia yang dapat dikonversi menjadi bentuk energi lain yang bermanfaat sebagai energi listrik sesuai dengan konversi energi. Penelitian ini akan membahas proses pembuatan dan perancangan prototipe alat penghasil listrik dari tekanan mekanik berbasis piezoelektrik, pengaruh konfigurasi rangkaian seri dan paralel serta pengaruh pembenanan tekanan yang bervariasi terhadap tegangan keluaran dari piezoelektrik.

**Kata kunci :** *Piezoelektrik, energi listrik, energi kinetik*

**Abstract.** *By utilizing the human population that continues to grow each year, this research was conducted to overcome the problem of electricity consumption that continues to grow. This tool will change the kinetic energy of the human footing to produce electrical energy. In its use, when it runs normally on this prototype the influence of the elasticity properties of the material on this prototype will cause pressure and give effect to the piezoelectric sensor. Then the vibrations detected by piezoelectric will respond to the electric energy generated. This kinetic energy is produced from human footing which can be converted into other forms of energy that are useful as electrical energy according to energy conversion. This research will discuss the process of making and designing prototypes of electrical generating equipment from piezoelectric-based mechanical pressure, series and parallel circuit configuration drivers and the effect of varying pressure on the output voltage of piezoelectric.*

**Keywords:** *Piezoelectric, electrical energy, kinetic energy*

## I. PENDAHULUAN

*Piezoelectric* dapat mengubah tekanan mekanik menjadi energi listrik. Sebagian besar sumber listrik *piezoelectric* menghasilkan daya pada ukuran miliwatt. Daya dalam ukuran *miliwatt* masih terlalu kecil untuk aplikasi suatu sistem, diperlukan daya dan tegangan yang lebih besar lagi. Hingga saat ini, perlu dipelajari bagaimana mendapatkan energi listrik yang lebih besar dari material *piezoelectric*. Berjalan merupakan kegiatan yang paling umum dalam kehidupan sehari-hari. Sambil berjalan, kehilangan dan memberikan energi ke permukaan tanah dalam bentuk mekanik. Salah satu contohnya saat kita berjalan di tangga, terdapat energi pijakan kaki kita dilantai tangga tersebut. Pijakan tersebut memiliki gaya yang besar dan terjadi dalam waktu yang relatif singkat, frekuensinya pun masih cukup rendah. Salah satu material yang mungkin untuk diimplementasikan dalam hal ini adalah *piezoelectric*.

Dari permasalahan diatas, munculah ide untuk memanfaatkan energi dari pijakan manusia tersebut menjadi energi listrik dapat dimanfaatkan. Material *piezoelectric* dipilih dalam penelitian ini.

### A. Rumusan Masalah

*Piezoelectric* dapat mengubah tekanan mekanik menjadi energi listrik. Sebagian besar sumber listrik *piezoelectric* menghasilkan daya pada ukuran miliwatt. Daya dalam ukuran miliwatt masih terlalu kecil untuk aplikasi suatu sistem, diperlukan daya dan tegangan yang lebih besar lagi. Hingga saat ini, perlu dipelajari

bagaimana mendapatkan energi listrik yang lebih besar dari material *piezoelectric*. Berikut ini Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara membuat sebuah prototipe alat penghasil listrik dari tekanan mekanik dengan menggunakan piezoelektrik ?
2. Bagaimana pengaruh konfigurasi rangkaian seri dan paralel pada prototipe alat penghasil listrik dari tekanan mekanik ?
3. Berapa besar daya listrik yang dibutuhkan untuk menyalakan sebuah lampu dengan menggunakan teknologi piezoelektrik ?

### B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian Perancangan sistem penerangan lampu dengan menggunakan teknologi Piezoelektrik ini diharapkan menjadi salah satu energi alternatif yang bisa digunakan di lingkungan kampus Universitas Riau Kepulauan Batam. Selain itu juga ada beberapa hal penting dari tujuan penelitian ini, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Membuat sebuah prototipe alat penekan piezoelektrik dengan pembebanan tekanan dari tekanan mekanik.
2. Mengetahui pengaruh konfigurasi rangkaian seri dan paralel terhadap tekanan mekanik pada prototipe alat penghasil listrik.
3. Mengetahui besar daya listrik yang dihasilkan oleh sistem yang dirancang

dengan menggunakan teknologi piezoelektrik.

## II. LANDASAN TEORI

Piezoelektrik atau biasa disebut juga dengan efek piezoelektrik adalah muatan listrik yang terakumulasi dalam bahan padat tertentu, seperti kristal dan keramik akibat dari mechanical pressure (tekanan). Piezoelektrik sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, hanya saja tidak terlalu sadar akan alat ini. Piezoelektrik digunakan untuk mengukur tekanan, percepatan, regangan, dan biasa digunakan dalam alat-alat seperti: mikrofon, jam tangan, mesin pembakaran dalam printer, *oscillator electronic*, hingga bisa dijadikan sebagai sumber energi *alternative*.

Beberapa bahan yang digunakan (terutama *gallium fosfat* dan *turmalin*) sangat stabil pada suhu tinggi, memungkinkan sensor memiliki jangkauan kerja hingga  $1000^{\circ}$  C. *Turmalin* menunjukkan piroelektrik, atau efek dari piezoelektrik. Yakni kemampuan untuk menghasilkan sinyal listrik ketika suhu kristal berubah. Efek ini juga biasa terjadi pada bahan *piezoceramic*. Berikut tabel perbandingan karakteristik bahan sensor piezo ini dengan jenis lainnya :

**Tabel 2.1** Perbandingan karakteristik bahan sensor Piezoelektrik [1]

Prinsip	Ketegangan Sensitivitas [V/ $\mu\epsilon$ ]	Ambang [ $\mu\epsilon$ ]	Rentang ke Rasio ambang batas
Piezoelektrik	5,0	0,00001	100.000.000
Piezoresistif	0,0001	0,0001	2.500.000

Induktif	0,001	0,000	2.000.000
Kapasitif	0,005	0,0001	750.000
Yang dapat melawan	0,000005	0,01	50.000

### A. Listrik

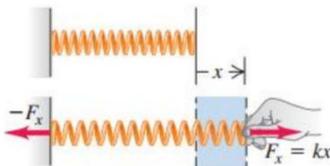
Listrik merupakan salah satu bentuk energi yang dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk menjalankan berbagai macam alat elektronik. Energi listrik dapat dihasilkan dari berbagai macam sumber energi seperti; energi panas, energi gerak, dan bentuk-bentuk energi lainnya. Jaringan listrik AC dengan bentuk gelombang sinusoidal dikenal dengan beberapa jenis-jenis bentuk daya, diantaranya adalah daya kompleks, daya aktif, dan daya reaktif. Perkalian tegangan (V) dengan arus (I) dalam kedua besaran ini dalam bentuk kompleks adalah VI yang dinamakan daya kompleks dengan simbol S, dalam satuan *Volt Ampere* (VA). Daya aktif atau daya nyata dirumuskan dengan  $S \cos \theta$  dengan simbol P, dalam satuan *watt* (W). Sedangkan daya reaktif atau daya khayal dirumuskan dengan  $S \sin \theta$  atau VI dengan simbol Q, dalam satuan *Volt Ampere Reaktif* (VAR).

### B. Gaya Pegas

Benda lentur yang mengalami pemampatan maupun perenggangan maka benda tersebut masuk dalam kategori benda yang memiliki sisi elastisitas. Gaya yang dapat kembali dalam keadaan semula disebut gaya pegas. Hal ini dipengaruhi karena sifat elastisitas pada suatu benda

sehingga dapat kembali pada keadaan semula. [2]

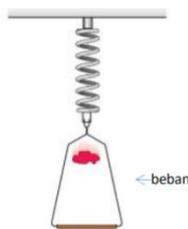
Sebuah pegas ketika diregangkan maka harus ada gaya yang diberikan. Menerapkan gaya yang sama dan berlawanan pada ujung-ujung pegas dan meningkatkan gaya-gaya tersebut secara bertahap. Sebuah pegas ketika menahan ujung kiri agar tidak bergerak, maka gaya yang diterapkan pada ujung ini tidak melakukan kerja. Gaya pada ujung yang bergerak karena melakukan kerja sehingga pegas mengalami pertambahan panjang. Ketika tarikan pada ujung pegas dilepas, maka panjang pegas akan kembali dalam keadaan semula. Gambaran penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut :



**Gambar 2.2** Pertambahan Panjang Pegas [2]

### C. Getaran

Secara umum getaran dapat didefinisikan sebagai gerakan bolak-balik suatu benda dari posisi awalnya. Ilustrasi yang paling sederhana untuk menjelaskan getaran adalah melalui mekanisme pegas yang diberi beban pada ujungnya, seperti pada gambar 2.3 berikut:



**Gambar 2.3** Mekanisme Pegas [2]

Setiap komponen mekanikal memiliki berat dan properti yang menyerupai pegas. Apabila tidak ada gaya yang diberikan pada beban diujung pegas yang menyebabkan beban tersebut bergerak, maka dapat dikatakan bahwa tidak ada getaran yang terjadi. Oleh karena itu dapat juga dikatakan bahwa getaran adalah merupakan respon dari suatu sistem terhadap eksitasi internal maupun eksternal (stimulus) atau gaya yang diberikan pada sistem tersebut. [2]

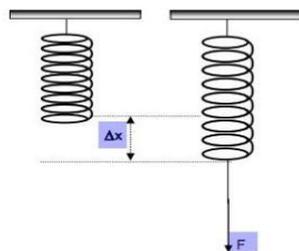
### D. Hukum Hooke dan Elastisitas

Hukum Hooke dan elastisitas merupakan dua istilah yang saling berkaitan. Karet gelang dan permen karet adalah contoh yang cocok untuk teori elastisitas. Karet gelang bila ditarik maka panjangnya akan terus bertambah sampai batas tertentu. Panjang karet gelang akan kembali seperti semula apabila tarikan dilepaskan. Berbeda dengan permen karet apabila ditarik, panjangnya akan terus bertambah sampai batas tertentu tapabila tarikan dilepaskan panjang permen karet tidak akan kembali seperti semula. Hal ini dapat terjadi karena karet gelang bersifat elastis sedangkan permen karet bersifat plastis. Bentuk kareng gelang tidak akan kembali seperti semula yang artinya sifat elastisnya telah hilang apabila karet gelang ditarik terus menerus sehingga diperlukan tingkat kejelian yang tinggi untuk menggolongkan mana benda yang bersifat elastis dan plastis. [2]

Kesimpulan dari teori elastisitas adalah kemampuan suatu benda untuk kembali ke bentuk awal setelah gaya pada benda tersebut dihilangkan. Keadaan dimana suatu benda tidak dapat lagi

kembali ke bentuk semula akibat gaya yang diberikan terhadap benda terlalu besar disebut sebagai batas elastis. Berbeda dengan teori elastisitas, Hukum *Hooke* merupakan gagasan yang diperkenalkan oleh *Robert Hooke* yang menyelidiki hubungan antar gaya yang bekerja pada sebuah pegas/benda elastis lainnya agar benda tersebut bisa kembali ke bentuk semula atau tidak melampaui batas elastisitasnya.

Kesimpulan dari teori Hukum *Hooke* ialah jumlah gaya maksimum yang dapat diberikan pada sebuah benda yang sifatnya elastis ialah jumlah gaya yang terbatas agar tidak melwati batas elastisnya dan menghilangkan sifat elastis benda tersebut.

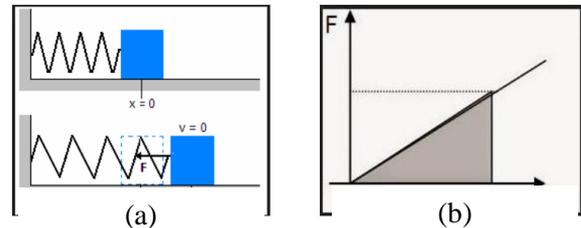


**Gambar 2.4** Pertambahan panjang pegas [3]

Bunyi Hukum *Hooke* ialah :“*Jika gaya tarik yang diberikan pada sebuah pegas tidak melampaui batas elastis bahan maka pertambahan panjang pegas berbanding lurus/sebanding dengan gaya tariknya*”. [3]

Gaya yang diberikan pada suatu benda yang melampaui batas elastisitas, maka benda tersebut tidak dapat kembali ke dalam bentuk semula dan apabila gaya yang diberikan jumlahnya terus bertambah maka benda tersebut dapat rusak. Hukum *Hooke* ini hanya berlaku hingga batas elastisitasnya saja.

Besarnya perbandingan antara gaya dengan pertambahan panjang pegas adalah konstan. Fenomena ini dapat lebih mudah dipahami dengan memperhatikan gambar grafik berikut ini.



**Gambar 2.5** Pertambahan panjang Pegas

Gambar (a) menjelaskan bahwa jika pegas ditarik ke kanan maka pegas akan meregang dan bertambah panjang. Pertambahan panjang pegas sebanding dengan besarnya gaya tarik apabila gaya tarik yang diberikan pada pegas tidak terlalu besar. Bertambah besarnya gaya tarik yang diberikan maka semakin besar pertambahan panjang pegas. Gambar (b) menjelaskan bahwa kemiringan grafik sama besar yang menunjukkan perbandingan besar gaya tarik terhadap pertambahan panjang pegas bernilai konstan.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh pegas dan efek piezoelektrik dalam menghasilkan energi listrik. Dengan metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan prototipe ini adalah metode Eksperimen.

Dengan metode ini penulis terus mengembangkan berbagai riset yang telah dilakukan baik itu ketercapaian hasil maupun yang belum berhasil. Sehingga dari pengembangan-pengembangan yang

telah dilakukan dihasilkan sebuah produk berdasarkan tujuan yang ingin dicapai dan tentunya masih bisa dikembangkan untuk penyempurnaan selanjutnya.

## B. Tahapan Penelitian

Pada penelitian tugas akhir ini penulis akan menjelaskan beberapa tahapan penelitian yakni, penentuan pemodelan mekanisme, perencanaan pengujian dan perancangan serta pembuatan prototipe. Prinsip kerja dari prototipe ini akan adalah dengan menggunakan energi mekanik dari pijakan manusia dan benda mati terhadap material piezoelektrik. Pijakan dan benda mati inilah yang kemudian akan menjadi gaya tekan pada material piezoelektrik dan menimbulkan tegangan. Dalam penelitian yang bertujuan untuk mengetahui berapa tegangan dan arus yang dihasilkan pada protipe ini, digunakan beberapa metode sebagai berikut:

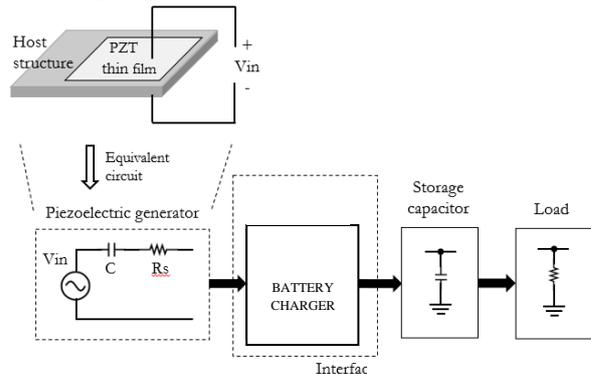
### a. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk menelusuri berbagai literatur yang bersumber dari buku, dokumentasi terkait sebelumnya dari para pakar di bidangnya. Semua referensi yang terkumpul selanjutnya akan dijadikan bahan dalam penentuan langkah selanjutnya dalam rangka mencapai tujuan penelitian ini.

### b. Pengujian Prototipe

Prortotipe akan di uji di beberapa daerah tertentu dengan waktu yang berbeda pula sehingga dapat di estimasi jumlah tegangan dan arus yang dihasilkan.

Perencanaan pembuatan prototipe meliputi berbagai persiapan yang dilakukan, seperti perancangan desain, pengumpulan komponen yang diperlukan dan persiapan alat-alat yang diperlukan. piezoelektrik menghasilkan output tegangan AC, sehingga dibutuhkan suatu *rectifier* untuk dapat menyimpan energi listrik yang dihasilkan dalam baterai.



**Gambar 3.1** Diagram blok sistem pembuatan Prototipe

## C. Pembuatan Prototipe

Pembuatan prototipe ini dimulai dengan pembuatan desain untuk pijakan kaki yang akan memberikan tekanan pada piezoelektrik seperti pada gambar 3.2.



(a)

(b)

**Gambar 3.2** Pembuatan Pijakan Kaki (a) dan (b)

Setelah pijakan kaki dibuat, kemudian piezoelektrik di rangkai secara paralel untuk menghasilkan arus yang lebih

besar. Dalam prototipe ini, terdapat 25 keping piezoelektrik yang dirangkai secara paralel. Meskipun satu keping piezoelektrik ini menghasilkan tegangan yang cukup besar yaitu sampai  $\approx 7$  VDC, tetapi arus listrik yang dihasilkan masih sangat kecil, berkisar  $5 \mu\text{A}$ , sehingga ketika rangkaian di paralelkan maka arus akan naik 21 kalinya menjadi  $\approx 105 \mu\text{A}$ . Sedangkan tegangannya tetap sama yaitu  $\approx 5$  VDC.

Untuk mengetahui bahwa piezoelektrik sudah benar-benar terangkai dan terhubung paralel serta tidak ada masalah, maka dilakukan pengujian hubungan singkat (*short circuit*) dengan menggunakan multimeter seperti terlihat pada gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Pengujian Hubungan Singkat (*Short Circuit*)

#### D. Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Sebagai berikut:

##### a. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. 1 unit komputer (laptop) yang telah dilengkapi dengan peralatan printer.
2. 2 buah prototipe atau alat peraga.

3. 1 buah multimeter digital.
4. 1 buah Solder dan timah secukupnya.
5. 1 buah timbangan.
6. 1 buah gunting.
7. Lem dan Kabel.

##### b. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan adalah Perangkat lunak yaitu *Microsoft Windows 7* dan *multimeter digital*.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Pengambilan Data

Proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan multimeter digital sebagai alat pengukur tegangan dan arus yang dihasilkan oleh prototipe. Penggunaan berat badan manusia yang berada pada interval 20 kg sampai 60 kg akan didapatkan data yang menentukan tegangan keluaran. Selain penggunaan badan manusia, digunakan berat benda yang berasal dari beras pada interval 1 kg sampai 5 kg. Pengujian getaran dilakukan kemudian setelah proses 2 pengambilan data telah selesai dilakukan. Ilustrasi pengambilan data pada prototipe ini dapat dilihat seperti gambar berikut:



**Gambar 4.1** Ilustrasi pengambilan data pada prototipe

$\epsilon_k$  = batas posisi vertikal maximum and minimum dari rentang pinggang

seseorang ketika berjalan

Lk = panjang langkah ketika melewati prototipe

Tk = lama waktu yang dibutuhkan ketika berjalan melewati prototipe

Pengujian prototipe dilakukan pada titik tengah dari rentang panjang Lk sehingga didapatkan tegangan keluaran terbesar. Lama waktu Tk yang digunakan pada saat pengambilan data adalah 1 detik ketika pas mengenai titik tengah dari rentang panjang Lk. Posisi dari  $\epsilon_k$  sangat menentukan sehingga data yang diambil berasal dari posisi tegap seseorang saat berjalan melewati prototipe tersebut.

Dari pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan piezoelectric dengan diameter 35 mm. Pengukuran tegangan listrik dilakukan dengan menggunakan multimeter digital. Data tegangan yang telah didapat ditabulasi untuk mempermudah analisa data. Hasil pengukuran tegangan listrik pada pengujian pertama yaitu pengujian tekanan dapat dilihat pada tabel 4.2 di bawah ini.

PD dengan diameter sebesar 35 mm, dengan menggunakan massa pemberat 0.2 kg, tegangan 0.4kg Tegangan ini naik terus sampai 0.96 *volt* ketika massa pemberat menjadi 1 kg. Dari pengujian ini dapat dilihat bahwa makin luas permukaan *piezoelectric disk* maka makin tinggi tegangan yang dihasilkan ketika diberi tekanan. Listrik yang dihasilkan adalah 0.64 *volt* dan naik menjadi 0.72 *volt* dengan massa pemberat sebesar berfungsi

sebagai maket dan juga akan menjadi tampilan luar prototipe.

Diameter <i>Piezoelectric</i> 35 (mm)	Massa Pemberat (kg)				
	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Tegangan yg dihasilkan	0,64 <i>volt</i>	0,72 <i>volt</i>	0,84 <i>volt</i>	0.86 <i>volt</i>	0.96 <i>volt</i>

Bahan yang digunakan pada rangka prototipe adalah 2 buah karpet yang dirancang sedemikian rupa. sehingga seperti yang tertera pada gambar dibawah ini:



**Gambar 4.2** Pembuatan Rangka

Rancangan desain pada rangka prototipe seperti pada gambar diatas yang bertujuan untuk melindungi rangkaian kabel penghubung. Selain itu juga sebagai tempat diletakkannya piezoelektrik yang akan berfungsi merubah tekanan mekanik menjadi energi listrik.

### B. Pengujian Alat Pada Rangkaian Paralel Pada Pijakan Manusia

Tahap selanjutnya adalah merangkai semua piezoelektrik yang dihubung paralel. Pada tahap ini, digunakan rangkaian inverter yang bertujuan untuk

No.	Waktu (s)	Tegangan Rata-Rata(V)
1	10	0,9
2	20	1,8
3	30	2,9

mengubah tegangan keluaran piezoelektrik menjadi tegangan DC.

Tegangan rata-rata yang dihasilkan oleh prototipe pada rangkaian paralel dengan pijakan manusia adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.4** Data Pengujian Prototipe pada Rangkaian Paralel

Tabel 4.4 menunjukkan tegangan rata-rata yang diperoleh dari 3 hasil percobaan yang dilakukan untuk pengujian rangkaian paralel pada pijakan manusia. Pengujian pertama dengan berat badan 45 kg menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 3,4 *volt* dalam satu kali pijakan. Pengujian kedua dengan berat badan 50 kg menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 4,3 *volt* dalam satu kali pijakan. Pengujian ketiga dengan berat badan 70 kg menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 6,6 *volt* dalam satu kali pijakan.

### C. Pengujian Alat dengan Pengisian Power Bank (Kapasitor)

Pengujian telah dilakukan pada prototipe dengan pengujian pengisian *power bank* (kapasitor) menggunakan alat ukur multimeter digital. Kapasitor yang

digunakan adalah kapasitor dengan kapasitansi 100  $\mu\text{F}$  dan 25 *volt*.

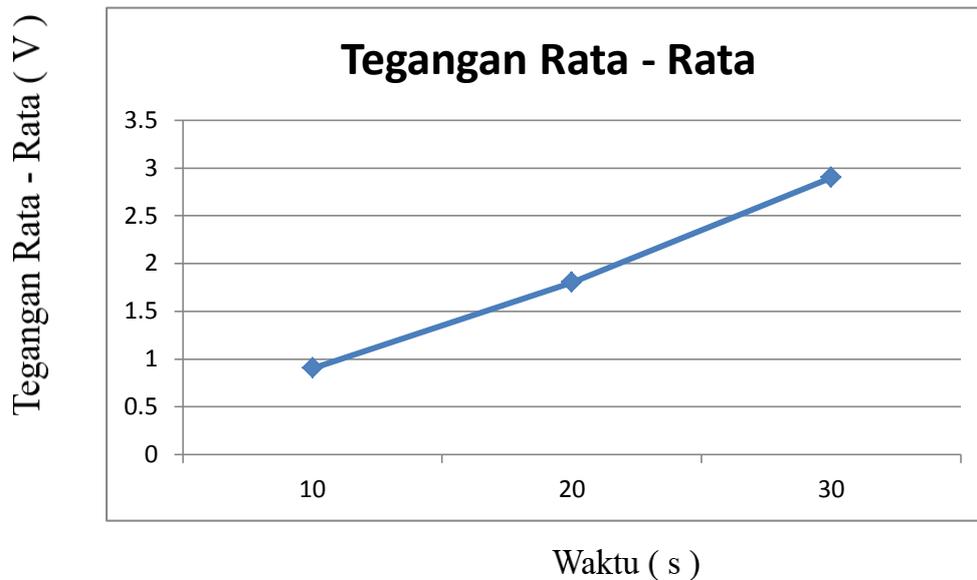
**Tabel 4.12** Data Pengujian Prototipe pada Pengisian Kapasitor / *Battery*

No.	Massa (kg)	Tegangan Rata-Rata(V)
1	45	3,4
2	50	4,3
3	70	6,6

Tegangan keluaran yang disimpan oleh prototipe dalam selang waktu 30 detik adalah sebagai berikut:

Pada data pengisian kapasitor, tegangan diukur sampai 30 detik setelah prototipe diberi *impuls* selama beban beras diberikan. Tegangan yang disimpan oleh kapasitor diukur setiap 10 detik. Data tegangan yang disimpan oleh kapasitor pada 10 detik pertama adalah 0,9 *volt*, pada 10 detik kedua tegangan yang disimpan sebesar 1,8 *volt*, dan yang terakhir pada detik ke 30 kapasitor menyimpan tegangan sebesar 2.9 *volt*. Adapun gambaran data diatas dibuat dalam bentuk grafik seperti berikut:

Gambar 4.13 Grafik Pengujian Alat dengan Pengisian *Power Bank* (Kapasitor) tanggal 7 Februari 2020



Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa pengaruh pembebanan terhadap piezoelektrik menghasilkan tegangan keluaran yang terus bertambah

### 5. 1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan baik secara teoritis hingga secara sistematis dapat disimpulkan bahwa :

1. Penelitian ini telah berhasil membuat sebuah prototipe yang menggunakan piezoelektrik sebagai bahan utama. Prototipe ini mampu mengubah energi mekanik yang berasal dari pijakan manusia menjadi energi listrik.
2. Tegangan rata-rata yang dihasilkan prototipe pada rangkaian paralel lebih besar dibandingkan tegangan rata-rata yang dihasilkan prototipe pada rangkaian seri.

apabila diberi tekanan secara terus-menerus. Semakin lama diberi tekanan maka semakin besar pula tegangan yang akan tersimpan di kapasitor.

3. Pada Pengujian lantai piezoelektrik yaitu dengan pijakan orang berjalan biasa diatasnya ternyata menghasilkan tegangan yang berbeda-beda dari beban atau tekanan yang berbeda juga.

### 5. 2 Saran

Selain kesimpulan dari penelitian diatas penulis juga berharap akan masukkan atau saran yang membangun agar penelitian dapat diterapkan dan disempurnakan antara lain sebagai berikut :

1. Perlu adanya pengembangan alat agar lebih efisien sehingga keluaran energi listriknya dapat digunakan secara massal. Agar tegangan yang dihasilkan dari Piezoelektrik dengan menggunakan energi mekanik menjadi energi listrik yang stabil.

2. Mencari desain optimal sehingga meminimalisir penggunaan kabel dan dapat menghasilkan output daya yang lebih besar

3. Mengembangkan efek dari piezoelektrik yang dapat menghasilkan gaya mekanik apabila piezoelektrik diberi potensial listrik.

#### DAFTAR PUSTAKA

[1] Dickson Kho, 2019. Komponen Elektronika *Simbol dan Fungsi Kapasitor beserta jenis-jenisnya* diakses dari <https://teknikelektronika.com/simbol-fungsi-kapasitor-beserta-jenis-jenis-kapasitor/>. {12 Desember 2019}

[2] Ebrahimi, Farzad. 2013. *Piezoelectric Materials and Devices- Practice and Aplications*. Rijeka, Croatia.

[3] Gautschi, G. 2002. *Sensorik piezoelektrik*. Springer Berlin, Heidelberg, New York.

[4] Manfred Weber, 2019. *Piezoelectric principle*. *Metra Mess-und Frequenztechnik in Radebeul e.K* (online), diakses dari [https://www.mmf.de/piezoelectric\\_principle.htm](https://www.mmf.de/piezoelectric_principle.htm). {9 November 2019}.

[5] Serway, A Ramond. 2010. "Rangkaian Listrik" in *Fisika untuk Sains dan Teknik, 6<sup>th</sup> edition*, Jakarta : Salemba Teknika.

[6] Tichi, Jan. 2010. *Introduction in Fundamental of Piezoelectric Sensoric, 1 st edition*. Boston : Springer Science Business Media Inc.

[7] Young, Hugh D., dan Freedman, Roger A. 2012. *University Physics With Modern Physics 13 th Edition*. San Fransisco, Amerika Serikat.