

## **Analisis Potensi Energi Listrik yang Dihasilkan dari Rancang Bangun Prototipe Alat Pembangkit Listrik Menggunakan Piezoelektrik Memanfaatkan Energi Kinetik dari Kaset Kaki dengan Metode *Energy Harvesting***

Ni Ketut H.D <sup>1\*)</sup>, Septia Rifaldi <sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Jenderal Achmad Yani  
Jalan Terusan Jend. Sudirman PO.BOX 148 Cimahi 40531

<sup>\*)</sup>Korespondensi: [niketuthd@lecture.unjani.ac.id](mailto:niketuthd@lecture.unjani.ac.id)

### **Abstrak**

Energi merupakan sesuatu yang kekal, tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, energi hanya dapat berubah dari satu bentuk energi ke satu bentuk energi yang lain. Sebagai alternatif dari keterbatasan energi fosil, manusia mencoba menciptakan alat pemanen energi (*energy harvesting*). Salah satu contohnya dengan memanfaatkan energi kinetik dari gerakan kaki. Komponen yang mampu mengubah energi kinetik menjadi energi listrik adalah piezoelektrik. Oleh karena itu, penulis merancang kaset kaki pemanen energi menggunakan piezoelektrik dengan memanfaatkan energi kinetik dari kaki. Karena energi listrik yang dihasilkan satu keping piezoelektrik sangat kecil, maka dibutuhkan banyak keping piezoelektrik agar hasil yang diinginkan bisa tercapai. Energi listrik hasil dari rangkaian piezoelektrik akan dipanen dan disimpan oleh baterai lithium ion 3,7 Vdc dengan kapasitas 3000 mAh. Pada penelitian kali ini didapatkan hasil melalui sepuluh kali percobaan yang dilakukan terhadap tiga orang dengan bobot berat badan yang berbeda, yaitu 59kg, 61kg dan 65kg. Pengujian terhadap orang dengan bobot berat badan 59kg menghasilkan tegangan sebesar 1,907 V, untuk orang dengan bobot berat badan 61kg menghasilkan tegangan sebesar 2,138 V dan untuk orang dengan bobot berat badan 65kg menghasilkan tegangan 2,238 V, dengan total rata-rata tegangan yang dihasilkan adalah 2,094 V. Dengan kata lain, hal ini menandakan bahwa semakin besar tekanan yang diberikan terhadap piezoelektrik, maka akan semakin besar juga tegangan yang dihasilkan dan dibutuhkan 82,840 x 10<sup>6</sup> kali tekanan terhadap kaset kaki tersebut.

**Kata kunci** : Baterai, Energi Kinetik, *Energy harvesting*, Kaset Kaki, Piezoelektrik

### **Abstract**

*Energy is eternal, cannot be created or destroyed, energy can only change from one form of energy to another. As an alternative to fossil fuel limitations, humans are trying to create energy harvesting tools. One example is harnessing the kinetic energy of foot movement. The component capable of converting kinetic energy into electrical energy is piezoelectric. Therefore, the authors designed an energy harvester's foot doormat using piezoelectric by utilizing the kinetic energy of the foot. Because the electrical energy generated by one piezoelectric piece is very small, it takes a lot of piezoelectric pieces for the desired result to be achieved. Electrical energy resulting from the piezoelectric circuit will be harvested and stored by a 3,7 Vdc lithium ion battery with a capacity of 3000 mAh. In this study, we obtained results through ten experiments conducted on three people with different weight, namely 59kg, 61kg and 65kg. Testing of people weighing 59 produced a voltage of 1,907 V, for people weighing 61kg produces a voltage of 2,138 V and for people weighing 65kg produces a voltage of 2,238 V, with the average total voltage produced being 2,094 V. in other words, this indicates that the greater the pressure given to piezoelectric, the greater the voltage produced and it takes 82,840 x 10<sup>6</sup> times the pressure on the footmat.*

**Keywords** : Battery, Kinetic Energy, *Energy harvesting*, Foot Movement, Piezoelectric

## **I. PENDAHULUAN**

Energi merupakan sesuatu yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia dan merupakan sesuatu yang kekal. Mengacu pada hukum kekekalan energi dan hukum pertama termodinamika yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, energi hanya dapat berubah dari satu bentuk energi ke bentuk energi lainnya [1].

Sebagai alternatif dari keterbatasan energi fosil, manusia mencoba untuk menciptakan beberapa alat pemanen energi (*energy harvesting*). *Energy harvesting* adalah proses di mana energi berasal dari sumber eksternal gradients, energi bunyi, energi potensial, dan energi kinetik, ditangkap dan dikonversikan menjadi energi listrik [2].

Energi baru dan terbarukan memiliki peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi, hal ini disebabkan oleh penggunaan bahan bakar untuk pembangkit-pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang semakin menipis dan juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Manusia pun bergantung pada penggunaan bahan bakar sebagai pembangkit listrik untuk menjalankan aktivitas sehari-hari. Penggunaan bahan energi listrik yang tidak bijak dapat membuat pemborosan bahan bakar [3].

Data kementerian ESDM mencatat konsumsi energi Indonesia pada 2017 mencapai 1,23 miliar Barrels Oil Equivalent (BOE) naik 9% dari tahun sebelumnya. Dari jumlah tersebut yang berbentuk BBM mencapai 356,33 juta BOE atau 28,88% dari total konsumsi. Kemudian terbesar kedua adalah dalam bentuk biomasa sebanyak 306,25 juta BOE atau 24,82%. Sedangkan konsumsi biofuel baru mencapai 79,43 juta BOE atau 6,44% dari total. Sementara berdasarkan peruntukannya, energi nasional terbesar digunakan untuk keperluan rumah tangga, yaitu mencapai 382,94 juta BOE atau 31% dari total. Kemudian terbesar kedua untuk sektor transportasi 361,7 juta BOE atau sekitar 29,31% dan ketiga untuk industri sebesar 273,86 juta BOE atau 22,19% dari total konsumsi energi nasional [4].

Beberapa sumber energi terbarukan yang diproduksi dengan skala besar diantaranya sumber energi tenaga angin, sumber energi tenaga air, sumber energi tenaga surya (matahari), sumber energi ombak, sedangkan sumber energi terbarukan dengan skala yang kecil salah satunya adalah piezoelektrik [5]. Piezoelektrik merupakan salah satu energi terbarukan yang saat ini sedang dikembangkan penggunaannya. Saat ini penggunaan piezoelektrik coba dikembangkan karena piezoelektrik dapat menghasilkan sendiri tegangannya dan tidak perlu memerlukan tegangan tambahan lagi ataupun tegangan bantuan lagi. Dengan diberikan energi dari gaya mekanik, piezoelektrik dapat menghasilkan tegangan listrik [6].

Penggunaan dan pengembangan piezoelektrik sebagai energi terbarukan sudah dicoba di beberapa pengaplikasian yang diantaranya piezoelektrik diaplikasikan pada alas sepatu, piezoelektrik diaplikasikan pada lantai rumah atau pada jalan, dan pengaplikasian piezoelektrik pada polisi tidur [7]. Dengan beberapa pengembangan yang sudah dilakukan pada piezoelektrik, penulis mencoba merancang pembangkit listrik memanfaatkan energi kinetik dan energi mekanik dari keset kaki.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis mencoba menganalisis potensi energi listrik yang dihasilkan dari sumber energi alternatif piezoelektrik dengan menggunakan metode *energy harvesting* agar output daya yang dihasilkan piezoelektrik bisa digunakan secara optimal. Perancangan sumber energi alternatif dari piezoelektrik diimplementasikan kepada keset kaki yang diletakkan di pusat keramaian.

Harapannya penelitian ini mampu menjadikan piezoelektrik sebagai sumber energi alternatif yang terbarukan dan dapat mengurangi penggunaan energi konvensional. Penulis juga berharap penelitian ini dapat dimanfaatkan serta diimplementasikan dalam kehidupan kita sehari-hari dan mengubah kebiasaan masyarakat akan ketergantungan listrik konvensional.

## **II. METODE**

### **A. Diagram Blok Sistem**

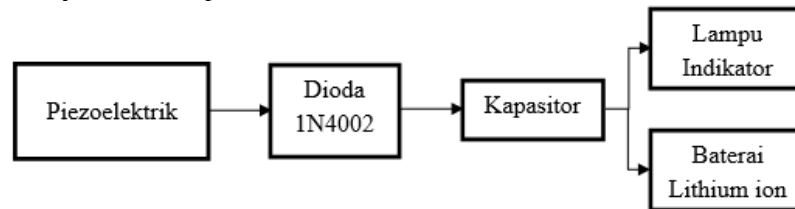
Skema rancang bangun prototipe alat pembangkit listrik menggunakan piezoelektrik dapat dilihat pada Gambar 1. Di mana input dari alat ini merupakan piezoelektrik, yang menghasilkan listrik dengan cara mendapatkan energi kinetik dari tekanan kaki saat menginjak. Saat piezoelektrik mendapatkan energi kinetik, piezoelektrik menghasilkan tegangan AC (*Alternating Current*). Agar tegangan listrik dapat

***Analisis Potensi Energi Listrik Yang Dihasilkan Dari Rancang Bangun Prototipe Alat Pembangkit Listrik Menggunakan Piezoelektrik Memanfaatkan Energi Kinetik Dari Keset Kaki Dengan Metode Energy Harvesting***

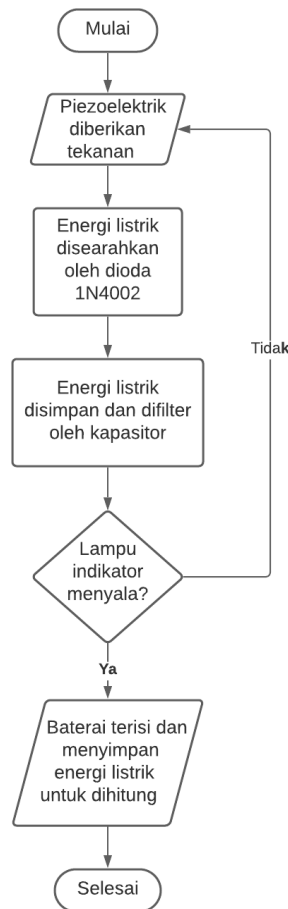
***(Ni Ketut H.D, Septia Rifaldi: Halaman 29-40)***

digunakan untuk menyalakan lampu dan lain-lain, maka rangkaian piezoelektrik dihubungkan dengan sistem penyearah.

Sistem penyearah tersebut mengubah tegangan AC menjadi DC. Tegangan yang dihasilkan dapat disimpan pada baterai dengan sistem charging. Tegangan yang telah terkumpul pada baterai, dapat digunakan untuk menyalakan lampu dan lain- lain.



Gambar 1 Diagram blok sistem



Gambar 2 Flowchart penelitian.

Dapat dilihat pada Gambar 2 flowchart sistem yang sudah dibuat dapat menggambarkan bagaimana cara kerja dari suatu sistem. Cara kerja dari sistem diatas adalah ketika piezoelektrik diberikan tekanan atau mendapat tekanan dari energi kinetik yang dihasilkan dari pijakan kaki, maka piezoelektrik akan menghasilkan energi listrik. Lalu energi listrik yang dihasilkan tadi masuk ke dalam rangkaian penyearah di mana rangkaian penyearah ini terdiri dari dioda 1N4002, untuk mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Setelah disearahkan oleh rangkaian dioda energi listrik akan disimpan sementara oleh kapasitor dan akan dihaluskan sebelum masuk ke baterai untuk dipanen energi listriknya. Untuk memberi tanda bahwa ada energi listrik yang dihasilkan oleh rangkaian piezoelektrik, maka ditambahkan lampu indikator. Ketika lampu indikator menyala, itu menandakan bahwa baterai terisi oleh energi listrik. Namun ketika lampu tidak menyala, dapat diartikan bahwa tidak ada energi listrik yang mengalir atau yang dihasilkan oleh rangkaian piezoelektrik.

### B. Pengukuran Dioda

Pada perancangan prototipe alat pembangkit listrik ini menggunakan dioda 1 Ampere tipe 1N4002. Tujuan dari penggunaan dioda ini adalah untuk menyearahkan energi listrik yang dihasilkan dari piezoelektrik dari sistem mekanik yang sudah dibuat yaitu keset kaki piezoelektrik. Pengukuran dilakukan langsung menggunakan multimeter. Perhitungan dilakukan untuk mengukur resistansi atau tahanan dari dioda.

Pengukuran dengan multimeter dilakukan dengan cara menempatkan *probe* merah pada multimeter diletakkan pada kaki (+) atau anoda dari dioda, sedangkan *probe* hitam pada multimeter diletakkan pada kaki (-) atau katoda dari dioda.

### C. Pengukuran Baterai

Pada perancangan prototipe alat pembangkit listrik ini menggunakan baterai lithium ion dengan tegangan 3,7 Vdc dan daya kapasitas baterai 3 Ah. Perangkaian baterai dilakukan secara paralel, hal ini dilakukan agar daya tampung baterai lebih besar. Penggunaan baterai yaitu dengan tujuan menyimpan energi listrik yang dihasilkan dari piezoelektrik, dengan metode *energy harvesting* energi listrik yang dihasilkan dari piezoelektrik sedikit-demi sedikit disearahkan oleh dioda dan kemudian ditampung oleh baterai, yang nantinya akan dipanen atau digunakan untuk hal-hal yang memerlukan energi listrik dari baterai.

Pada pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui tegangan dan arus awal baterai sebelum mendapatkan suplai energi listrik dari piezoelektrik. Pengukuran dilakukan langsung dengan menggunakan multimeter. Pengukuran dengan multimeter dilakukan dengan cara menempatkan *probe* merah pada multimeter diletakkan pada (+) baterai dan menempatkan *probe* hitam pada multimeter diletakkan pada (-) baterai.

### D. Rangkaian Piezoelektrik

Piezoelektrik dihubungkan secara paralel untuk meningkatkan energi yang dihasilkan. Piezoelektrik yang dirangkai paralel menghasilkan arus yang tetap dengan tegangan yang bertambah. Jumlah total tegangan yang dihasilkan pada rangkaian piezoelektrik yang terhubung paralel adalah sama dengan penjumlahan total tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing piezoelektrik. Sementara, arus total sama dengan masing-masing piezoelektrik [8].



Gambar 3 Rangkaian piezoelektrik paralel

$$V_{total} = V_1 = V_2 = V_3 \quad (1)$$

Dan,

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3 \quad (2)$$

Di mana  $V_1$ ,  $V_2$  dan  $V_3$  adalah tegangan yang dihasilkan dari rangkaian piezoelektrik, dan tegangannya akan sama dengan satu keping piezoelektrik. Sedangkan untuk  $I_1$ ,  $I_2$  dan  $I_3$  adalah arus total yang



dihasilkan dari seluruh rangkaian piezoelektrik, di mana arusnya merupakan jumlah dari seluruh arus yang dihasilkan dari satu keping piezoelektrik.

Gambar 4 Rangkaian piezoelektrik seri

**Analisis Potensi Energi Listrik Yang Dihasilkan Dari Rancang Bangun Prototipe Alat Pembangkit Listrik Menggunakan Piezoelektrik Memanfaatkan Energi Kinetik Dari Keset Kaki Dengan Metode Energy Harvesting**  
(Ni Ketut H.D, Septia Rifaldi: Halaman 29-40)

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3 \quad (3)$$

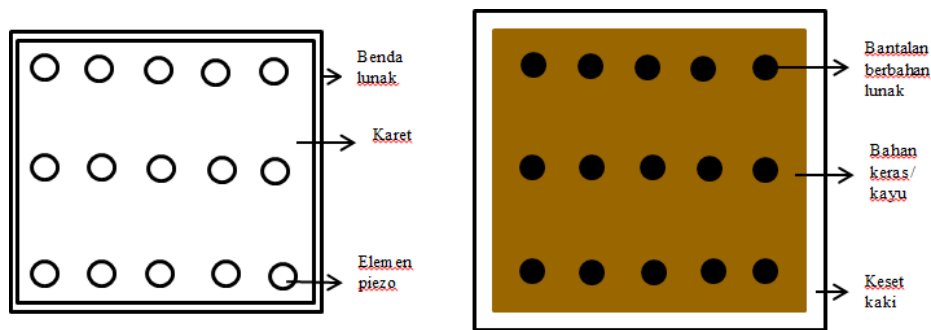
dan,

$$I_{total} = I_1 = I_2 = I_3 \quad (4)$$

Di mana  $V_1$ ,  $V_2$  dan  $V_3$  adalah tegangan yang dihasilkan dari rangkaian piezoelektrik, dan tegangannya akan menjadi lebih besar ketika dihubungkan secara seri. Sedangkan  $I_1$ ,  $I_2$  dan  $I_3$  adalah arus yang dihasilkan dari rangkaian piezoelektrik, dan arusnya akan sama seperti satu buah keping piezoelektrik.

**E. Perancangan Desain Keset Kaki Piezoelektrik**

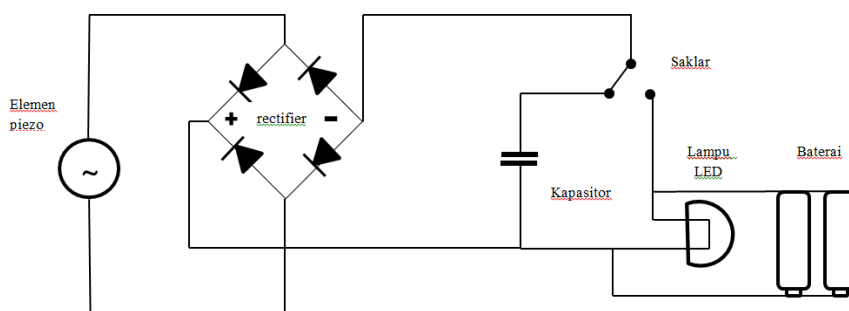
Desain keset kaki terbuat dari karet dan busa sebagai alas dan penopang piezoelektrik. Sedangkan untuk bagian pijakan kaki terbuat dari keset kaki dan benda berbahan keras, yang diberikan bantalan agar tekanan terhadap piezoelektrik lebih optimal.



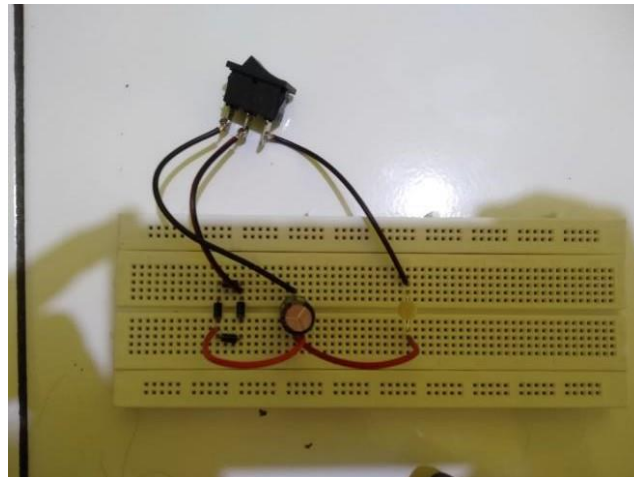
Gambar 5 Perancangan desain keset kaki piezoelektrik

**F. Perancangan Rangkaian Penyearah**

Pada Gambar 6 dan 7 menunjukkan rangkaian penyearah tegangan, rangkaian ini bertujuan untuk mengubah tegangan AC dari piezoelektrik menjadi tegangan DC. Rangkaian diatas merupakan salah satu metode *energy harvesting*, ketika piezoelektrik mendapat tekanan dari energi kinetik tegangan langsung menuju ke rangkaian dioda untuk disearahkan, kemudian disimpan untuk sementara dan dihaluskan oleh kapasitor sebelum masuk ke baterai. Tegangan yang sudah masuk ke baterai akan disimpan sedikit demi sedikit, yang tentunya akan tersimpan permanen dalam baterai.



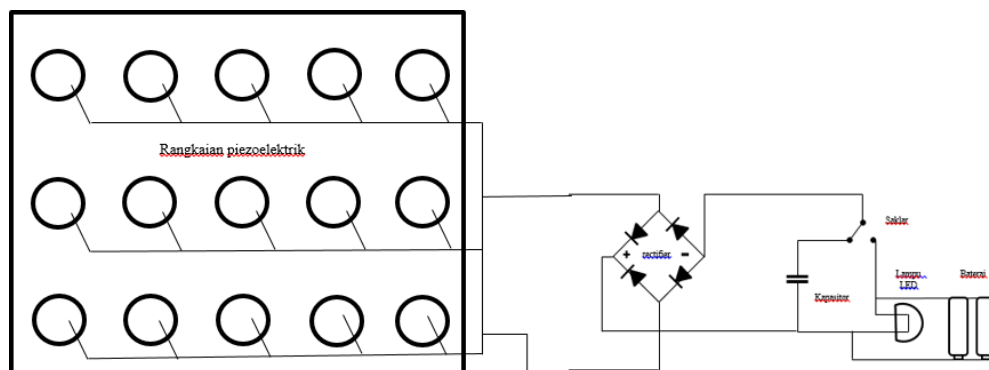
Gambar 6 Perancangan rangkaian penyearah



Gambar 7 Rangkaian penyearah

### G. Rangkaian Skematik Sistem

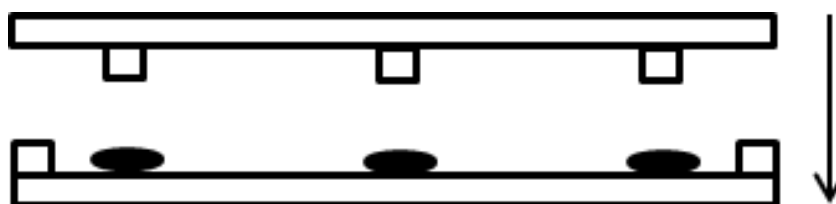
Pada Gambar 8 ini menunjukkan rangkaian skematik sistem yang menjelaskan mulai dari *input*, proses dan *output*. Mulai dari *input* yang merupakan rangkaian piezoelektrik yang dipasang secara paralel pada baris pertama, kedua dan ketiga dan output dari baris tersebut dihubungkan secara seri. Lalu energi listrik hasil dari rangkaian piezoelektrik masuk ke dalam rangkaian penyearah dan energi listrik akan tersimpan sementara di dalam kapasitor tahapan ini merupakan sebuah proses. Dan terakhir merupakan *output* di mana ditandai dengan lampu menyala dan baterai terisi dengan tegangan.



Gambar 8 Rangkaian skematik sistem

### H. Cara Kerja Kaset Kaki Piezoelektrik

Cara kerja sistem kaset kaki piezoelektrik adalah dengan memberikan energi kinetik terhadap bagian atas dari kaset kaki. Bagian atas kaset kaki diberikan bantalan dengan ketebalan 1 cm, agar dapat memberikan tekanan yang lebih optimal terhadap rangkaian piezoelektrik.



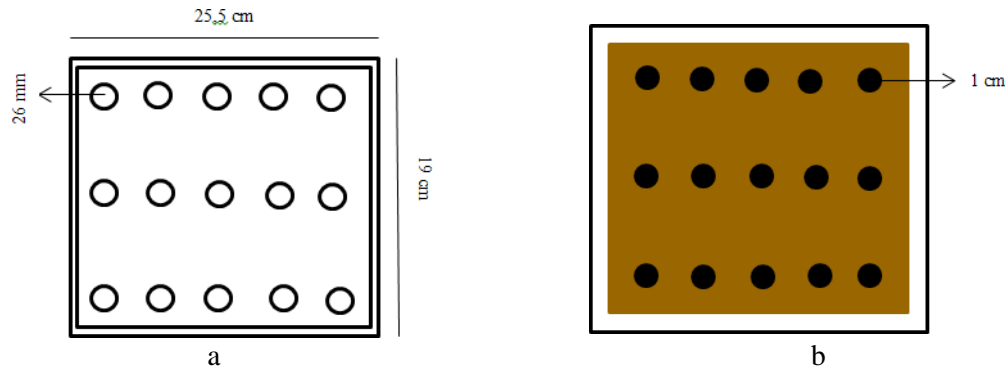
Gambar 9 Cara kerja sistem kaset kaki piezoelektrik

***Analisis Potensi Energi Listrik Yang Dihasilkan Dari Rancang Bangun Prototipe Alat Pembangkit Listrik Menggunakan Piezoelektrik Memanfaatkan Energi Kinetik Dari Kaset Kaki Dengan Metode Energy Harvesting***  
***(Ni Ketut H.D, Septia Rifaldi: Halaman 29-40)***

---

***I. Spesifikasi Kaset Kaki Piezoelektrik***

Pada Gambar 10 menunjukkan spesifikasi kaset kaki piezoelektrik yang akan digunakan pada rancang bangun prototipe alat pembangkit listrik. Pada perancangan sistem kaset kaki piezoelektrik penulis menggunakan kaset kaki berbahan karet, alas piezoelektrik berbahan elastis berukuran 25,5cm x 19 cm, piezoelektrik dengan diameter 26 mm, dan papan triplek sebagai pijakan kaki. Benda berbahan elastis ini digunakan untuk menempatkan rangkaian piezoelektrik agar mendapat tekanan untuk menghasilkan energi listrik.



Gambar 10 Spesifikasi kaset kaki piezoelektrik (a) bagian bawah dan (b) bagian atas

**III. HASIL DAN DISKUSI**

Pengujian rancang bangun prototipe alat pembangkit listrik menggunakan piezoelektrik memanfaatkan energi kinetik dari kaset kaki dengan metode *energy harvesting*. Pengujian dan analisis bertujuan untuk mengetahui apakah sistem bekerja sesuai dengan fungsinya. Analisis dilakukan terhadap hasil yang ditunjukkan selama pengujian.

***A. Hasil Pengujian Piezoelektrik***

Pada Gambar 10 menunjukkan sistem kaset kaki piezoelektrik yang akan digunakan sebagai prototipe alat pembangkit listrik. Seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya mengenai spesifikasi kaset kaki piezoelektrik, kali ini merupakan realisasi dari perancangan dan spesifikasi dari kaset kaki piezoelektrik.



Gambar 11 Kaset kaki piezoelektrik

**B. Hasil Pengujian Satu Keping Piezoelektrik**

Sebelum melakukan pengujian terhadap sistem keset kaki piezoelektrik, pengujian dilakukan terhadap satu keping piezoelektrik, untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan satu keping piezoelektrik. Pengujian dilakukan langsung terhadap satu keping piezoelektrik dengan menggunakan multimeter, didapat hasil pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengujian satu keping piezoelektrik

Pengujian ke-	Tegangan
1	0,022 V
2	0,014 V
3	0,015 V
4	0,019 V
5	0,031 V

Dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa satu keping piezoelektrik mampu menghasilkan energi listrik mulai dari 0,014 V sampai 0,031 V. Perbedaan tegangan keluaran ini dipengaruhi dari kekuatan dan kecepatan intensitas tekanan terhadap satu keping piezoelektrik.

**C. Hasil Pengujian Sistem Keset Kaki Piezoelektrik**

Pengujian sistem keset kaki piezoelektrik dilakukan untuk mengetahui energi listrik yang mampu dihasilkan oleh piezoelektrik. Pengujian dari sistem keset kaki piezoelektrik yang dilakukan yaitu dengan menguji sistem mekanik dan kemampuan piezoelektrik untuk menghasilkan tegangan. Pengujian prototipe ini dilakukan dengan memberikan tekanan langsung terhadap keset kaki piezoelektrik.

Pengujian dilakukan terhadap tiga orang yang memiliki berat badan 59 kg, 61 kg dan 65 kg. Dengan cara menginjak bagian atas dari keset kaki dan melangkahakan kaki sebanyak sepuluh kali di atas keset kaki. Dengan hasil pengujian terhadap tekanan yang diberikan kepada keset kaki piezoelektrik, maka didapatkan tegangan yang bervariasi. Berdasarkan hasil pengujian dapat dihitung nilai rata-ratanya seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2 Pengujian dengan tiga orang yang memiliki berat badan berbeda hasil keluaran dari rangkaian piezoelektrik

Berat badan	Tegangan hasil dari tekanan ke-					Rata-rata
	2	4	6	8	10	
59 kg	2,192 V	2,348 V	2,964 V	3,558 V	3,936 V	2,999 V
61 kg	2,419 V	2,585 V	2,970 V	3,083 V	4,020 V	3,015 V
65 kg	2,983 V	3,421 V	3,527 V	3,650 V	4,294 V	3,575 V

Setelah melakukan pengujian langsung terhadap rangkaian piezoelektrik tanpa melewati rangkaian penyearah, maka didapatkan hasil tegangan yang bervariasi. Tegangan hasil dari berat badan 59 kg adalah 2,999 V, untuk berat badan 61 kg menghasilkan tegangan 3,015 V, sedangkan untuk berat badan 65kg menghasilkan tegangan 3,575 V dan menghasilkan rata-rata total tegangan sebesar 3,194 V. Tegangan yang dihasilkan berupa tegangan AC (*Alternating Current*).

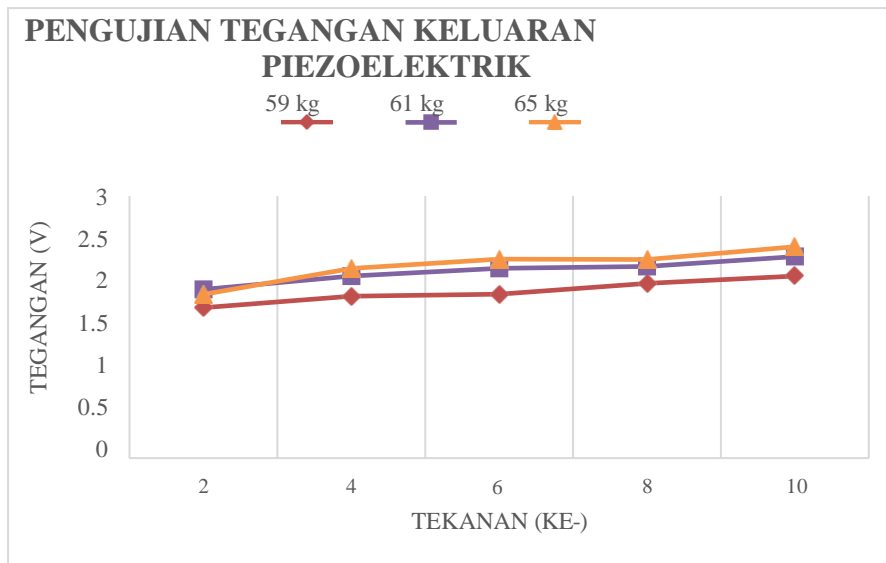
***Analisis Potensi Energi Listrik Yang Dihasilkan Dari Rancang Bangun Prototipe Alat Pembangkit Listrik Menggunakan Piezoelektrik Memanfaatkan Energi Kinetik Dari Keset Kaki Dengan Metode Energy Harvesting***  
 (Ni Ketut H.D, Septia Rifaldi: Halaman 29-40)

Selanjutnya melakukan pengujian terhadap rangkaian piezoelektrik yang sudah melewati rangkaian penyearah, hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 3. Tegangan yang dihasilkan berupa tegangan DC (*Direct Current*), karena rangkaian penyearah berfungsi untuk mengubah tegangan AC (*Alternating Current*) menjadi tegangan DC (*Direct Current*).

Tabel 3 Pengujian dengan tiga orang yang memiliki berat badan berbeda hasil keluaran dari rangkaian penyearah

Berat badan	Tegangan hasil dari tekanan ke-					Rata-rata
	2	4	6	8	10	
59 kg	1,722 V	1,855 V	1,876 V	2,002 V	2,084 V	1,907 V
61 kg	1,931 V	2,086 V	2,172 V	2,195 V	2,307 V	2,138 V
65 kg	1,998 V	2,219 V	2,279 V	2,275 V	2,421 V	2,238 V

Setelah melakukan pengujian terhadap keset kaki piezoelektrik dengan memberikan tekanan secara langsung terhadap keset kaki piezoelektrik berupa berat badan dengan bobot 59 kg, 61 kg dan 65 kg. Dari ketiga variabel tersebut dapat diketahui bahwa berat badan dengan bobot 59 kg menghasilkan rata-rata tegangan 1,907 V per dua kali tekanan, berat badan dengan bobot 61 kg menghasilkan rata-rata tegangan 2,138 V per dua kali tekanan sedangkan untuk berat badan dengan bobot 65 kg menghasilkan rata-rata tegangan 2,238 V per dua kali tekanan. Rata-rata total tegangan yang dihasilkan adalah 2,094 V per dua kali tekanan.



Gambar 12 Grafik pengujian tegangan keluaran piezoelektrik

Pada Gambar 12 garis berwarna merah, ungu dan kuning, masing-masing menunjukkan tegangan keluaran akibat tekanan kaki dari orang yang berbobot 59 kg, 61 kg dan 65 kg. Dari hasil pengujian diatas, tegangan keluaran dapat berubah-ubah dengan batasan tertentu. Pada pengujian kali ini juga dapat kita lihat bahwa, semakin berat bobot dari orang untuk memberikan tekanan maka semakin besar tegangan yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan prinsip dari piezoelektrik yang mengubah energi kinetik, dalam hal ini adalah berat badan orang menjadi energi listrik.

***D. Hasil Pengukuran Kapasitor***

Setelah melakukan pengujian terhadap tegangan awal dan setelah mendapatkan tegangan dari rangkaian piezoelektrik maka mendapatkan hasil seperti pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Pengujian terhadap kapasitor

Berat badan	Tegangan pada kapasitor sebelum ditekan	Tegangan pada kapasitor setelah ditekan
59 kg	4 mV	45 mV
61 kg	7,7 mV	79 mV
65 kg	3 mV	15 mV

Pengujian terhadap kapasitor dilakukan untuk mengetahui tegangan dari kapasitor sebelum dan sesudah mendapat tegangan dari rangkaian piezoelektrik. Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa pengujian dengan orang yang berbobot 59kg tegangan awal kapasitor adalah 4 mV, dan ketika mendapatkan tekanan tegangannya menjadi 45 mV. Untuk orang dengan bobot 61kg tegangan awal kapasitor adalah 7,7 mV, dan ketika mendapatkan tekanan tegangannya menjadi 79 mV. Sedangkan untuk orang dengan bobot 65kg tegangan awal kapasitor adalah 3 mV, dan berubah menjadi 15 mV ketika mendapatkan tekanan.

#### *E. Hasil Pengukuran Dioda*

Setelah dilakukan pengukuran terhadap kapasitas satuan, maka didapat hasil pengukuran kapasitas satuan tahanan (Ohm) sekitar  $1,6 \Omega$  dari dioda, hasil didapat seperti Gambar 13.



Gambar 13 Hasil pengukuran tahanan diode

Dengan kapasitas satuan tahanan dioda  $1,6 \Omega$ , maka tahanan total dari dioda yang dihubungkan secara seri dan paralel adalah sebesar  $0,625 \Omega$ . Rangkaian dioda tersebut akan mengubah tegangan AC menjadi DC, sekaligus menghambat tegangan keluaran dari rangkaian piezoelektrik sehingga tegangan yang keluar akan menjadi kecil dan berubah menjadi tegangan DC.

#### *F. Hasil Pengukuran Baterai*

Setelah melakukan pengukuran tegangan sebesar 3,5 V pada baterai, maka didapat hasil tegangan baterai seperti Gambar 14.

***Analisis Potensi Energi Listrik Yang Dihasilkan Dari Rancang Bangun Prototipe Alat Pembangkit Listrik Menggunakan Piezoelektrik Memanfaatkan Energi Kinetik Dari Kaset Kaki Dengan Metode Energy Harvesting***  
 (Ni Ketut H.D, Septia Rifaldi: Halaman 29-40)

---



Gambar 14 Pengukuran tegangan pada 1 buah baterai

Selanjutnya dilakukan pengukuran pada baterai untuk mengetahui tegangannya ketika dipasang secara seri, dan didapatkan hasil tegangan sebesar 7,11 V seperti pada Gambar 15.



Gambar 15 Pengukuran tegangan pada baterai yang terhubung seri

***G. Analisis Desain Kaset Kaki***

Jika diasumsikan berat badan manusia rata-rata 60kg, maka tegangan keluaran setiap langkah manusia adalah 2V setiap 15 buah piezoelektrik yang dirangkai parallel, maka dapat diperoleh energi yang tersimpan dalam sebuah kapasitor dengan kapasitansi 450  $\mu$ F adalah

$$E = \frac{1}{2} (450 \times 10^{-6}) \times \left(\frac{2}{15}\right)^2$$

$$E = 38.025 \times 10^{-10} J$$

Maka untuk mengisi baterai dengan kapasitas 3000 mAh dengan tegangan 3,7 V maka energi yang dibutuhkan adalah 11,1 W-h atau dengan 39.960 joule.

Pada kaset kaki normal berukuran 36,5 cm x 58 cm dengan piezoelektrik berukuran diameter 26 mm, maka dapat dipasang 126 buah piezoelektrik. Maka sebuah kaset kaki berukuran 36,5 cm x 58 cm dapat menghasilkan energi sebesar

$$E = 126 \times (38.025 \times 10^{-10}) J = 479.115 \times 10^{-9} J$$

Jumlah tekanan yang dibutuhkan untuk mengisi baterai pada keset kaki berukuran 36,5 cm x 58 cm adalah

$$\text{Jumlah langkah} = \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{\text{Energi per langkah}} = \frac{39.960}{479.115 \times 10^{-9}} = 82.840 \times 10^6$$

Dengan jumlah sebanyak itu, tempat yang memungkinkan dipasang sebuah keset kaki pembangkit listrik dengan menggunakan piezoelektrik adalah fasilitas publik yang sering digunakan orang seperti tempat ibadah, stasiun dan mini market.

#### IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tentang membuat rancang bangun prototipe alat pembangkit listrik menggunakan piezoelektrik memanfaatkan energi kinetik dari keset kaki dengan metode *energy harvesting*.

1. Pengujian yang dilakukan sebanyak 10 kali tekanan, dilakukan dengan tiga orang yang memiliki berat badan berbeda dan menghasilkan rata-rata total tegangan sebesar 3,194 Vac sebelum masuk ke dalam rangkaian penyearah dan menghasilkan tegangan 2,904 Vdc hasil keluaran dari rangkaian penyearah.
2. Rata-rata tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing bobot berat badan berbeda-beda, seperti 59kg menghasilkan rata-rata tegangan sebesar 1,907 V, 61 kg menghasilkan rata-rata tegangan sebesar 2,138 V dan untuk berat badan 65 kg menghasilkan rata-rata tegangan sebesar 2,238 V. Hasil tersebut membuktikan bahwa semakin berat bobot orang yang memberikan tekanan, maka akan semakin besar juga tegangan yang dihasilkan.
3. Keset kaki berukuran 25,5 cm x 19 cm menghasilkan tegangan rata-rata sebelum masuk ke dalam rangkaian penyearah 3,193 Vac dan menghasilkan tegangan keluaran dari rangkaian penyearah 2,904 Vdc, maka untuk keset kaki berukuran normal 36,5 cm x 58 cm dengan 126 buah piezoelektrik akan menghasilkan energi sebesar  $479.115 \times 10^{-9} J$ . Dan membutuhkan  $82.840 \times 10^6$  kali tekanan pada keset kaki tersebut untuk dapat mengisi penuh baterai lithium ion 3,7 Vdc dengan kapasitas 3000 mAh.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. I. Ramli and Irfan, "Perancangan Sound Energy Harvesting Berbasis Material Piezoelektrik untuk Memanfaatkan Kebisingan di Sepanjang Ruas Pantai Losari menuju Losari sebagai Ruang Publik Hemat Energi," *Hasanuddin Student J.*, vol. 1, no. 1, pp. 66–72, 2017.
- [2] J. Tgk, S. Abdurrauf, B. Aceh, and B. Aceh, "Perancangan Prototype Penghasil Energi Listrik Berbahan Dasar Piezoelectrik," *J. Karya Ilm. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 3, pp. 63–67, 2016.
- [3] P. Dirton, "Rancang bangun antena penyearah (rectifier antenna) untuk pemanen energi elektromagnetik pada frekuensi GSM 1800 MHz," 2014.
- [4] R. F. Ibrahim, "Energi Terbaru Indonesia," no. April, pp. 1–54, 2014.
- [5] M. I. Mowaviq, A. Junaidi, and S. Purwanto, "Lantai Permanen Energi Listrik Menggunakan Piezoelektrik," *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 2, pp. 112–118, 2019, doi: 10.33322/energi.v10i2.219.
- [6] A. F. Farizy, D. A. Asfani, and A. Baterai, "Desain Sistem Monitoring," vol. 5, no. 2, 2016.
- [7] M. Thowil Afif and I. Ayu Putri Pratiwi, "Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik - Review," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 95–99, 2015, doi: 10.21776/ub.jrm.2015.006.02.1.
- [8] M. Chanif, S. Sarwito, and E. S. K., "Analisa Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Proses Pengisian Baterai Wahana Bawah Laut," *J. Tek. Pomits*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2014.