

# PERANCANGAN PROTOTYPE PENGHASIL ENERGI LISTRIK BERBAHAN DASAR PIEZOELECTRIK

Wira Hidayatullah<sup>1</sup>, Mahdi Syukri<sup>2</sup>, Syukriyadin<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Syiah Kuala  
Jl. Tgk Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111, Banda Aceh, Indonesia

<sup>1</sup>wirahidayat14@gmail.com

<sup>2</sup>mahdisyukri@unsyiah.ac.id

<sup>3</sup>syukriyadin@unsyiah.ac.id

**Abstrak**— Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik serta unjuk kerja dari piezoelektrik sebagai pembangkit energi listrik. Piezoelektrik yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe ABT-441-RC, dan 30 piezoelektrik dirangkai secara paralel. Pada penelitian ini penambahan alas yang tepat sangat berpengaruh dari hasil yang dikeluarkan piezoelektrik desain struktur pijakan piezoelektrik salah satu yang menentukan hasil maksimal dan juga menentukan efisiensi waktu lama pakai bahan piezo, jika desain pijakan tidak dirancang dengan benar maka bahan piezo yang digunakan akan cepat rusak karena bahan piezo sangat rapuh. Piezoelektrik adalah tumpukan muatan dalam materi padat (Kristal atau keramik) tertentu dalam menanggapi regangan mekanik yang dikenakan, piezoelektrik berarti listrik yang dihasilkan dari tekanan. Sumber muatan listrik piezoelektrik merupakan akibat dari efek piezoelektrisitas.

Pada penelitian ini percobaan yang dilakukan menghasilkan tegangan 0.702 V ketika diberi gaya 49 N, tegangan akan meningkat seiring kuat gaya yang diberikan terhadap piezoelektrik. Pada pengujian arus yang dilakukan dengan memberi gaya sebesar 49 N dengan beban resistor 10  $\Omega$  maka arus yang dihasilkan sebesar 50.2  $\mu$ A, dan arus akan berkurang seiring bertambahnya beban yang di beri.

**Kata kunci:** piezoelektrik, piezoelektrisitas, sel-sel kristal, polarisasi, medan listrik.

## I. PENDAHULUAN

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 makin menipis dan juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Manusia pun bergantung pada penggunaan bahan bakar sebagai pembangkit listrik untuk menjalankan aktifitas sehari-hari. penggunaan bahan energi listrik yang tidak bijak dapat membuat pemborosan bahan bakar. Penelitian di bidang energi terbarukan ini merupakan bidang yang secara intensif didalami di berbagai negara. Salah satu alternatif sumber energi terbarukan tersebut adalah pemanenan energi mekanik dari berbagai bentuk aktivitas manusia menggunakan bahan piezoelektrik. Bahan

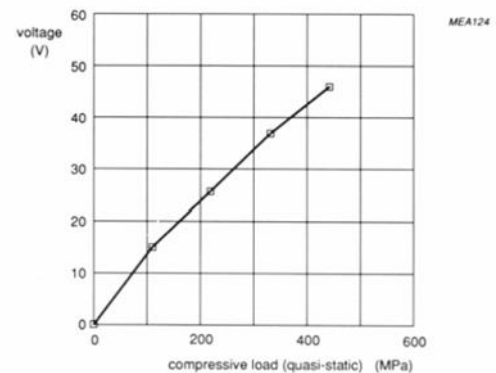
piezoelektrik adalah bahan yang menghasilkan tegangan listrik apabila mengalami perubahan dimensi akibat gaya tekanan atau gaya tarik yang dialaminya. Gaya tekan atau tarik ini dapat disebabkan oleh tekanan atau tarikan langsung pada bahan, maupun dalam bentuk getaran yang dijalarkan kepada bahan piezoelektrik tersebut.

Kemampuan satu keping piezoelektrik ini berkisar 5  $\mu$ A untuk arus yang dikerluarkan dan 5 Vac untuk tegangan yang di keluarkan. Namun bila keping-keping ini dikumpulkan dan dikelola dalam jumlah banyak, maka energi yang dihasilkan dapat diakumulasikan dalam sebuah sistem pemanenan energi.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

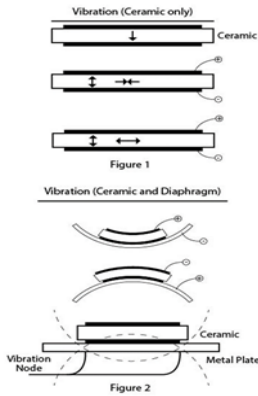
Jacques dan Currie menemukan fenomena piezoelektrik pada tahun 1880, dimana piezoelektrik merupakan katagori material yang mempunyai sifat unik. Penerapan stress pada kristal piezoelektrik akan membangkitkan listrik karena terjadi polarisasi muatannya.

Piezoelektrisitas didefinisikan sebagai suatu kemampuan yang dimiliki sebagian kristal maupun bahan-bahan tertentu lainnya yang dapat menghasilkan suatu arus listrik jika mendapatkan perlakuan tekanan. Efek piezoelektrik adalah efek terjadinya perubahan energy mekanik menjadi nergi listrik. Oleh karena itu bahan piezoelektrik sangat dimungkinkan sekali untuk dijadikan konverter antara energi listrik dan gerakan mekanis, dapat dilihat pada gambar 2.1 bagaimana hubungan beban mempengaruhi piezoelektrik.



Gambar 1 Hubungan beban terhadap piezoelektrik

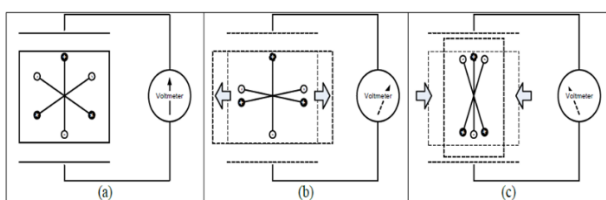
Dan gambar 2 bagaimana Beban mempengaruhi hubungan output tegangan dari piezoelektrik.



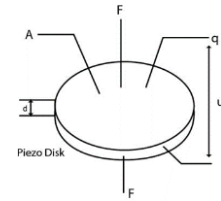
Gambar 2 Hubungan beban terhadap output tegangan piezoelektrik

Bahan piezoelektrik merupakan kristal yang mampu menghasilkan tegangan listrik saat mengalami tekanan, tarikan atau getaran (direct piezoelectric). Kondisi sebaliknya juga berlaku, yaitu bila diberi tegangan listrik, kristal piezoelektrik bergetar (inverse piezoelectric).

Kristal piezoelektrik menghasilkan tegangan listrik ketika terjadi perubahan polaritas muatan listrik akibat perubahan dimensinya. Gambar 3(a). memperlihatkan susunan muatan positif dan negatif yang tersebar merata bila kristal piezoelektrik tidak menerima pengaruh gaya luar. Namun bila menerima gaya tekan atau gaya tarik, posisi muatan berubah sehingga menghasilkan polarisasi muatan dan tegangan listrik. Gambar 3(b). memperlihatkan saat piezoelektrik menerima gaya tarik sehingga memendek dan melebar. Muatan positif dan negatif tertarik ke bagian samping dan saling menetralkan sehingga terbentuk kutub negatif dan kutub positif di bagian atas dan bawah. Gambar 3(c). memperlihatkan saat piezoelektrik menerima gaya tekan sehingga memanjang dan menyempit. Muatan terbagi pada dua sisi. Masing-masing sisi mengalami kelebihan muatan sehingga terbentuk kutub positif dan kutub negatif. Kutub-kutub ini menimbulkan perbedaan potensial listrik. Perbedaan potensial ini berlangsung sesaat (impuls) dan segera kembali ke keadaan netral. Bila kedua kutub bahan piezoelektrik dihubungkan dalam rangkaian listrik tertutup, perbedaan potensial yang terjadi dapat disalurkan dalam bentuk impuls arus listrik. Apabila kedua kutub ini tidak dihubungkan dengan rangkaian listrik, maka muatan piezoelektrik akan kembali pada posisi netral dengan sendirinya.



Gambar 3 Perubahan distribusi muatan bahan piezoelektrik (a) Tanpa gaya luar, (b) Bila diberi gaya tarik, (c) Bila diberi gaya tekan



Gambar 4 persamaan piezoelektrik

$$u = \frac{d33xd}{e33xA} xF$$

- u : Voltage (V)
- F : Gaya/Gaya penumpukan (N)
- A : Luas area elektroda/Diameter (mm)
- d : Ketebalan elektroda piezo (mm)

$d33, e33$  : Koefisien piezoelektrik dari bahan yang di gunakan (Pc/N)

Jumlah energi akan meningkat secara linear dengan jumlah tegangan yang diaplikasikan, sehingga jika Anda memberi tekanan (F) lebih pada bahan piezoelectric maka Tegangan (u) yang dihasilkan besar pula. Itu pula tergantung dari bahan pembuatan ( $d33, e33$ ) [9] dan diameter (A) piezoelektrik yang di gunakan . Dari Hal ini piezoelektrik memiliki implikasi untuk keperluan dalam "energy harvesting".Energi dari orang-orang yang berjalan, mengemudi mobil, kereta api, guncangan di truk atau orang-orang menari di atas lantai dansa dapat dimanfaatkan melalui efek piezoelektrik yakni bila perangkat yang ditempatkan di bawah tanah terkena dampak tekanan akibat kegiatan.

### III. METODE PENELITIAN

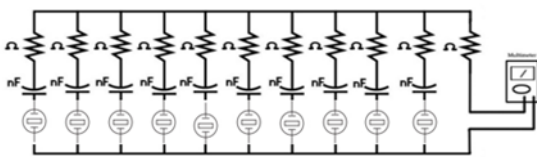
Metode penelitian ini membahas tentang perancangan piezoelektrik sebagai sumber energi listrik. Pada tahap ini peneliti mengembangkan piezoelektrik sebagai pembangkit listrik dan teknik yang disebutkan pada tahap sebelumnya. Piezoelektrik pada penelitian ini memparalelkan 30 buah piezoelektrik diatas sebuah papan alas , setelah itu dilakukan perakitan lapisan sentuhan piezoelektrik yang terbuat dari spon padat agar tidak ada sentuhan langsung terhadap bahan piezo kemudian membuat tempat alas pijakan yang cocok untuk pejalan kaki dengan konstruksi yang baik agar output dapat dimaksimalkan, sehingga prototype piezoelektrik dengan tekanan yang di berikan akan menghasilkan energi listrik. Pada tahap ini prototipe yang telah dikembangkan akan dilakukan pengujian dengan menggunakan beban sebagai berat tekanan pada piezoelektrik dengan mengperhitungkan berapa output yang dapat di hasilkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian piezoelektrik dilakukan melalui beberapa tahapan, pengujian dengan menggunakan berat beban mulai dari 5 kg, 8 kg, 11 kg, 14 kg, 17 kg. pengujian ini di lakukan agar mengetahui berat beban apakah berpengaruh akan hasil yang di dapatkan pada piezoelektrik

A. Pengujian arus pada piezoelektrik

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan multimeter dengan diserikan kebeban resistor 10 Ω. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui hubungan gaya yang diberikan beban terhadap piezoelektrik dan hasil arus yang di dapatkan piezoelektrik.



Gambar 5 rangkaian ekivalen pengukuran arus

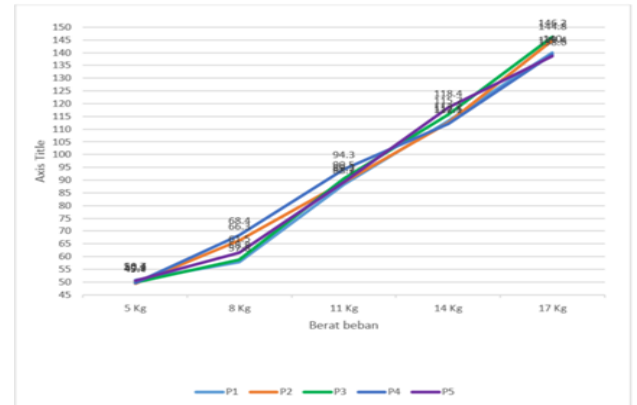
Pengujian pertama terhadap piezoelektrik dilakukan sampai 5 percobaan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengujian arus

Berat (Kg)	Arus (μA)					Hasil Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5	
5 Kg	50,7	49,4	49,9	49,7	50,4	50,2
8 Kg	57,8	66,3	58,8	68,4	61,5	62,5
11 Kg	88,2	89,2	90,5	94,3	89,3	90,5
14 Kg	113,2	112,5	115,7	112,1	118,4	114,3
17 Kg	140	144,8	146,2	139,4	138,6	141,8

Berdasarkan dari hasil percobaan pengukuran arus diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel diatas, pada percobaan P1-P5 untuk setiap beban yang di beri tidak terlalu besar perbedaan. Dapat kita lihat untuk perbedaan arus hasil rata-rata pada setiap beban dimana besar arus yang didapatkan berhubungan dengan berat gaya yang di terima piezoelektrik .

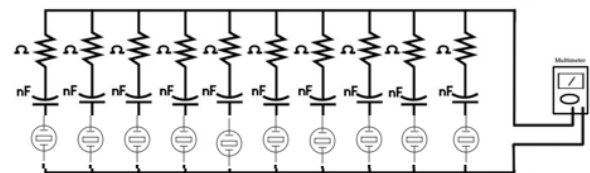
untuk grafik hasil arus yang di dptkan dari P1-P5 pada ketinggian 5 cm, dapat kita lihat pada gambar 6.



Gambar 6 Grafik pengukuran arus

B. Pengujian tegangan pada piezoelektrik

Pada pengujian kedua ini kita mengukur tegangan keluaran dari piezoelektrik dengan cara multimeter paralelkan langsung kerangkaian piezoelektrik.



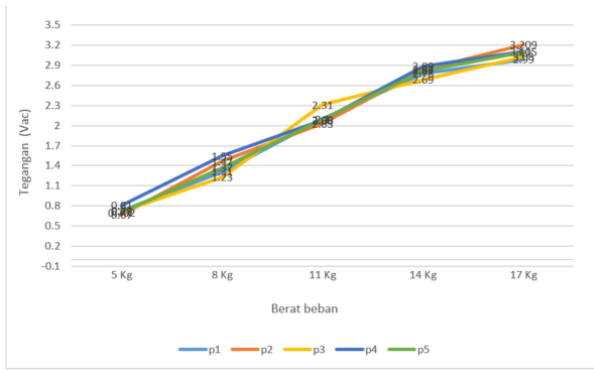
Gambar 7 Rangkaian pengukuran tegangan

seperti pengukuran arus apakah tegangan keluaran piezoelektrik bergantung pada berat gaya beban yang di berikan dapat kita lihat pada table 2.

Tabel 2 Pengujian tegangan

Berat (Kg)	Tegangan (Vac)					Hasil Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5	
5 Kg	0.73	0.67	0.58	0.72	0.81	0.702
8 Kg	1.31	1.47	1.33	1.23	1.55	1.37
11 Kg	2.1	2.03	2.47	2.31	2.08	2.09
14 Kg	2.78	2.84	2.9	2.69	2.89	2.82
17 Kg	2.99	3.209	3.05	3.03	3.105	3.1

Dapat kita lihat pada tabel 2 pengujian ketinggian 5 cm tegangan yang di dihasilkan meningkat seiring bertambahnya beban yang di berikan , untuk tegangan yang di dihasilkan tidak terlalu signifikan karena rangkaian di hubungkan secara paralel.



Gambar 8 Grafik pengukuran tegangan

C. Pengolahan Data

Untuk data tegangan yang di dapatkan pada table 1 dan 2 dipergunakan perhitungan berikut :

1. perhitungan tegangan dengan berat 5kg

$$u = \frac{d_{33} \times d}{e_{33} \times A} \times F \qquad F = m \times g$$

$$= 5\text{kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$= 49 \text{ N}$$

$$u_1 = \frac{98 \text{ Pc/N} \times 0.52\text{mm}}{148 \text{ Pc/N} \times 27\text{mm}} \times 49 \text{ N}$$

$$= 0.0127 \times 49 \text{ N}$$

$$= 0.6223 \text{ V}$$

$$P = V \times I$$

$$= 0.6223 \times 0.00005 = 0.0000311 \text{ Watt}$$

Dari perhitungan dan cara di atas dapat di perhitungkan dengan nilai yang lain, hasil seperti pada tabel 3 dibawah ini .

Tabel 3 perhitungan tegangan dan daya

Berat (Kg)	Tegangan (V)	Arus (A)	P (Watt)
5Kg	0.6223	0.00005	0.0000311
8Kg	0.99	0.000062	0.000061
11Kg	1.36	0.00009	0.000122
14Kg	1.742	0.000114	0.000198
17Kg	2.11	0.000141	0.000297

Setelah mendapatkan perhitungan tegangan, Untuk menghitung persentase galat hitung dan ukur tegangan piezoelektrik, digunakan rumus menghitung galat :

$$\% \text{ galat} = \left| \frac{y_{\text{hitung}} - y_{\text{ukur}}}{y_{\text{hitung}}} \right| \times 100\%$$

- Perhitungan galat tegangan dengan berat 5Kg

$$\% \text{ galat} = \left| \frac{0.6623 - 0.702}{0.6623} \right| \times 100\%$$

$$= 5.99 \%$$

Dari perhitungan galat dan cara di atas dapat di perhitungkan dengan nilai yang lain, hasil seperti pada tabel 4 dibawah ini .

Tabel 4 persentase galat tegangan

Berat (Kg)	Tegangan hitung (V)	Tegangan ukur (V)	Galat %
5Kg	0.6223	0.702	5.99%
8Kg	0.99	1.37	38.38%
11Kg	1.36	2.08	52.94%
14Kg	1.742	2.82	62.06%
17Kg	2.11	3.21	58.86%



Gambar 9 grafik perbandingan tegangan ukur dan tegangan hitung

Pada gambar 7 diatas dapat dilihat perbandingan antara tegangan ukur dengan tegangan hasil perhitungan pada setiap berat yang diberikan . Besaran galat rata-rata yang dihasilkan yaitu 43.646%. Galat yang didapat cukup besar, hal ini mungkin diakibatkan tidak seimbang gaya yang jatuh terhadap piezoelektrik, desain piezoelektrik yang kurang maksimal dan dari kurangnya tingkat presisi alat ukur yang digunakan

## V. KESIMPULAN

Piezoelektrik ini merupakan alat yang dirancang untuk membangkitkan energi listrik dengan memanfaatkan hentakan pijakan. Dalam perancangan ini memakai 30 piezoelektrik dirangkai paralel, menghasilkan tegangan 0.702 V ketika di beri gaya 49 N, tegangan akan terus bertambah seiring gaya makin berat di berikan terhadap piezoelektrik.

Berat gaya yang diberikan beban berpengaruh akan hasil dari piezoelektrik, karena dapat dilihat makin besar berat gaya yang diberikan maka makin besar pula arus dan tegangan yang di hasilkan. Desain struktur pijakan piezoelektrik berpengaruh besar akan hasil yang di dapatkan karena ketika struktur tidak bagus dirancang, energy yang di hasilkan piezoelektrik tidak akan maksimal yang dikeluarkan

Untuk penelitian lebih lanjut dapat menggukanan tipe piezoelektrik yang lain untuk melihat perbedaan dari model-model piezoelektrik, untuk mengetahui model piezoelektrik yang baik digunakan sebagai pembangkit energi dan ditingkatkan jumlah piezoelektrik agar mendapatkan output yang lebih besar..

## REFERENSI

- [1] PURWASIH, RANCANG BANGUN SUMBER ENERGI TERBARUKAN SECARA HYBRID (KUMPARAN DAN BAHAN PIEZOELEKTRIK PVDF) DENGAN MEMANFAATKAN CANTILEVER SEBAGAI PENGGETAR, Surakarta, 2010.
- [2] D. T. S. ., EviYulianti, **PEMBUATAN BAHAN PIEZOELEKTRIK RAMAH LINGKUNGAN Bi<sub>0,5</sub>Na<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub> DENGAN METODE MOLTEN SALT**, p. 13, 2012..
- [3] Kyocera, "Piezoelectric Acoustic Generators".
- [4] "[http://energyphysics.wikispaces.com/Use+of+Piezoelectrics+\(Human+Powered+Energy\)](http://energyphysics.wikispaces.com/Use+of+Piezoelectrics+(Human+Powered+Energy))," [Online].
- [5] D. J. I. Alper Erturk, **Piezoelectric Energy Harvesting, Virginia Tech, 2011..**
- [6] "morganadvancedmaterials," 20april2013.[Online].Available: [www.morganadvancedmaterials.com](http://www.morganadvancedmaterials.com). [Accessed 25 september 2016].
- [7] W. K. L. d. W. W. Heywang, "Piezoelectricity: evolution and future of a," in *Piezoelectricity: evolution and future of a*, Springer Science & Business Media, 2008, p. 114..
- [8] K. S. L. M. Bong Yu Jing, **Demonstration of Self-Powered Accelerometer Using Piezoelectric Micro-Power Generator**, p. 567, 2013.
- [9] A.M.,M. Kgs Haprido, **PENGARUH PENAMBAHAN PVDF (POLYVINYLIDINE FLOURIDE) PADA HASIL PEMOLINGAN BAHAN PIEZOELEKTRIK**, vol. 4, p. 01, 2015..
- [10] D. C. H. Ahmad Hendriawan, **PIEZOELECTRIC SEBAGAI ALTERNATIF CATU DAYA TAMBAHAN**, pp. 27-28, 2014.
- [11] R. Y. S. A. M. S. M. Dyah Retno Palupi, **PERANCANGAN DAN ANALISIS RANGKAIAN RECTIFIER PADA RECTENNA**, p. 5, 2012.
- [12] M. I. a. L. G. F. M. I. Ahmadreza Tabesh, **A Low-Power Stand-Alone Adaptive Circuit for Harvesting Energy From a Piezoelectric Micropower Generator**, vol. 57, pp. 840-849, 2010.
- [13] E. E. Yundi Supriandani, **Perancangan dan Implementasi Karpet Piezoelektrik**, 2015.
- [14] h. F. s. D.R, **Aplication of piezoelektrik materia film PVDF (polyvinylidene flouride) as liquid viscosity sensor**, vol. 3, 2011.