

## **PIEZOELECTRIC SEBAGAI ALTERNATIF CATU DAYA TAMBAHAN PADA MOBIL LISTRIK**

Ahmad Hendriawan, Dedid Cahya Happyanto  
Departemen Teknik Elektro  
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
Kampus PENS Keputih Sukolilo Surabaya 60111  
Telp (+62)31-5947280, 5946114, Fax. (+62)31-5946114  
Email: dedid@eepis-its.edu,

### **Abstrak**

Pemanfaatan piezoelektrik sebagai generator merupakan suatu upaya mendapatkan energi listrik yang merujuk pada konsep *harvesting energy* yang hal ini merujuk pada pengembangan piezoelektrik sebagai generator yang mengubah getaran yang dihasilkan mobil listrik menjadi energi listrik yang dapat digunakan pada piranti elektronik berdaya rendah (*low power devices*). Getaran merupakan salah satu bentuk energi mekanik yang paling sering dijumpai di mobil listrik. Banyak sumber energi getaran yang tersedia dan dimanfaatkan menjadi dasar pembuatan catu daya mikro dengan menggunakan piezoelektrik. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa ada pengaruh terhadap pemberian besarnya tahanan beban pada piezoelektrik, semakin besar tahanan beban maka tegangannya juga semakin besar dan tahanan dibawah 20 K $\Omega$  tidak ada arus yang mengalir. Piezoelektrik memiliki daya output yang kecil akan tetapi dengan nilai impedansi internal yang tinggi. Oleh karena penggunaan piezoelektrik sebagai generator memungkinkan untuk digunakan dalam teknologi pada bagian mobil listrik yang membutuhkan daya kecil.

**Kata kunci :** piezoelektrik, energy harvesting, low power devices, getaran

### **Abstract**

*Benefit of a piezoelectric generator is an attempt to get electrical harvesting energy refers to the concept that this refers to the development of a piezoelectric generator that converts the vibrations produced electric cars into electric energy that can be used in low-power electronic devices (low power devices) . Vibration is a form of mechanical energy that is most often found in electric cars. Many sources of vibrational energy available and utilized as the basis of the manufacture of micro power supplies using piezoelectric. From the test results indicate that there is an influence on the amount of the provision on the piezoelectric load resistance , the greater the load resistance then the voltage is also getting bigger and resistance under 20 K $\Omega$  with no current is flowing . Piezoelectric has a small output power but with high internal impedance value. Therefore, the use of a piezoelectric generator allows the technology to be used in electric car parts that require little power.*

**Keywords :** *piezoelectric energy harvesting, low-power devices, vibration*

### **PENDAHULUAN**

Catu daya dengan menggunakan piezoelektrik memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan menggunakan bahan lainnya. Karena memiliki bentuk yang sederhana, sistem catu daya dengan piezoelektrik dapat dibuat cukup kecil yang disesuaikan dengan bentuk mekanik dan rangkaiannya sehingga lebih efisien tidak membutuhkan ruang yang luas untuk penempatannya termasuk dapat ditempatkan pada mobil listrik. Kelebihan lainnya adalah *lifetime* sistem hampir tidak terbatas jika tekanan dan temperatur pada

sistem peralatan masih dalam kisaran operasional. Sebagai tambahan, energi mekanik yang diperlukan untuk dikonversi dapat didapatkan dengan mudah dari lingkungan sekitar piezoelektrik ditempatkan, dengan penempatan yang tepat maka piezoelektrik dapat lebih banyak menghasilkan energi listrik. Walaupun dengan semua kelebihan tersebut, piezoelektrik telah diabaikan sebagai pembangkit listrik karena kecilnya energi listrik yang dihasilkan. Piezoelektrik sebagai catu daya mikro telah diaplikasikan pada sepeda (Minazara, *et al*, 2014). Piezoelektrik

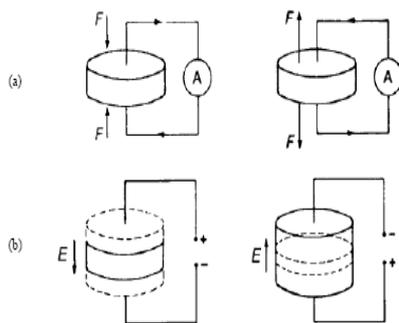
tersebut mampu menyalakan lampu LED yang menghasilkan daya kurang dari 3,5 mW dimana sepeda bergerak pada kecepatan 5 meter per detik dan bergetar pada frekuensi rata-rata 12,5 Hz.

Dari sisi yang lain aplikasi piezoelektrik pada piranti ini agar dapat mengurangi berat baterai dan memungkinkan untuk membuat piranti dapat mencatu daya sendiri dengan memanfaatkan energi mekanik disekitarnya. Untuk memaksimalkan kelebihan ini, terdapat beberapa permasalahan yang perlu mendapat solusi yaitu disain catu daya dengan piezoelektrik agar didapatkan energi listrik yang dihasilkan optimal.

**BAHAN DAN METODE**

**Piezoelektrik**

Piezoelektrisitas merupakan kemampuan material dalam menghasilkan energi listrik pada permukaannya ketika dikenakan gaya pada material tersebut. Material yang digunakan dikenal sebagai piezoelektrik yang tersusun atas molekul kristal. Piezoelektrik mampu menghasilkan energi listrik apabila dikenai tekanan maupun regangan, kemampuan inilah yang kemudian akan dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik yang memanfaatkan tekanan dari benda yang bergetar.



Gambar 1. (a) Direct effect (b) Converse effect

Pada dasarnya piezoelektrik *direct effect* adalah efek pada piezoelektrik sebagai akibat dikenai suatu tekanan atau gaya sehingga menghasilkan *dielectric displacement* (D)

yang menunjukkan besarnya perpindahan energi (perpindahan proton dan electron) pada molekul kristal yang menghasilkan energi listrik (E). Sedangkan *converse effect* adalah efek dimana terjadi perubahan volume atau terjadi peregangan (S) pada piezoelektrik akibat diberikannya suatu energi listrik (E). Kedua hal tersebut dapat ditunjukkan ke dalam 2 persamaan di bawah ini :

*Direct effect :*

$$D = dT \dots\dots\dots (1)$$

*Converse effect :*

$$S = dE \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

D : *dielectric displacement* (C/m<sup>2</sup>)

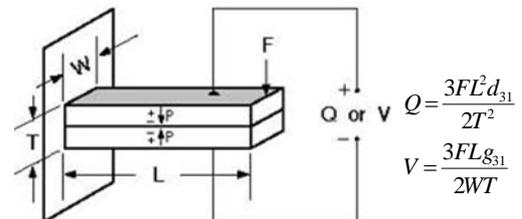
T : pemampatan/tekanan (N/m<sup>2</sup>)

S : peregangan (N/m<sup>2</sup>)

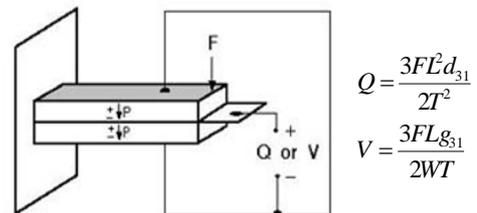
E : volt (V)

d : konstanta piezoelektrik (C/N)

**Persamaan Piezoelektrik**



Gambar 2a. Piezoelektrik Terhubung Seri



Gambar 2b. Piezoelektrik Terhubung Paralel

**METODE**

Secara umum penelitian ini bertujuan menciptakan sebuah energi alternatif yang mampu disimpan dalam baterai sehingga

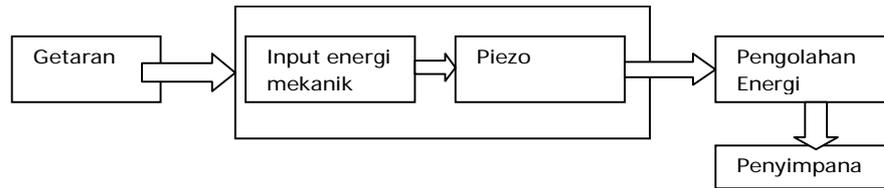
secara garis besar blok diagram proses kerjanya dapat digambarkan sebagai berikut: Pada gambar 2 terlihat bahwa terdapat 3 proses utama dalam pengambilan energi:

1. Konversi energi input menjadi energi

mekanik yang diharapkan.

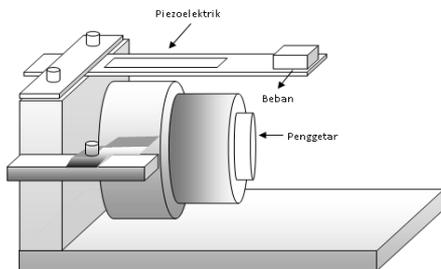
2. Konversi energi mekanik menjadi energi listrik.

3. Proses pengolahan dan transfer energi listrik.



Gambar 3. Diagram Sistem Alat

Dalam pengaplikasiannya sistem memanfaatkan getaran sebagai sumber energi yang kemudian energi tersebut diubah menjadi energi listrik dengan memanfaatkan piezoelektrik. Getaran berasal dari getaran mobil ketika dihidupkan mesinnya. Dalam pengujiannya getaran ini dibuat dari alat simulasi agar lebih mempermudah proses pengambilan data dan pengujian.



Gambar 4. Disain modul simulasi

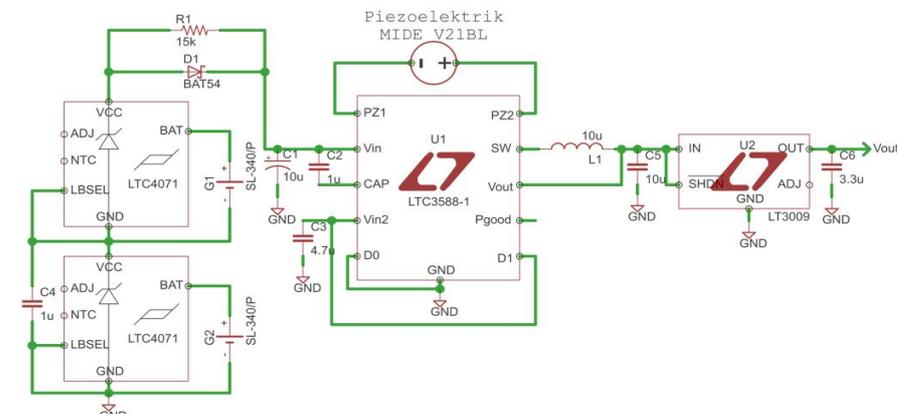
Piezoelektrik yang digunakan adalah tipe V21BL dari MIDE yang khusus dirancang

sebagai generator energi. Untuk memaksimalkan daya yang dihasilkan dari getaran, piezoelektrik dipasang secara *bending* yaitu dimana ujung piezoelektrik terikat secara tetap disatu ujung dan ujung lainnya dikenai gaya atau beban.



Gambar 5. V21BL- MIDE Piezoelectric Energy Harvesting

Dalam proses pengambilan energi diperlukan 3 rangkaian penting yaitu rangkaian penurun tegangan (*buck konverter*), pengisian (*charging*) dan penyetabil tegangan (*regulator*). Untuk penurun tegangan digunakan *hysteresis buck konverter* menggunakan IC LTC3588 yang bekerja pada daya rendah.

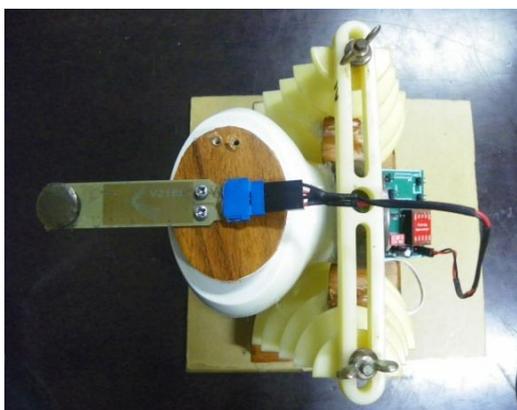


Gambar 6. Rangkaian sistem pengisian (*charging*) baterai

IC LTC 4071 merupakan IC *shunt charging* baterai yang dilengkapi sistem proteksi untuk meminimalkan potensi terjadinya *overcharge* yaitu disaat nilai tegangan pengisian diatas tegangan yang telah ditentukan dan *discharge protection* yang akan aktif disaat nilai tegangan baterai dibawah nilai  $V_{LBD}$ .

### PENGUJIAN DAN ANALISA

Sistem desain alat yang telah dibuat dan di-ujikan. Alat ini dilengkapi dengan motor yang terdapat di dalamnya sebagai penggetar seperti tampak pada Gambar 7.



Gambar 7. Alat uji Piezoelektrik

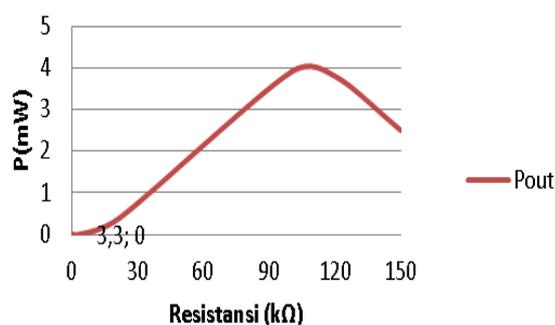
Pengujian awal dilakukan dengan mengamati daya yang dihasilkan oleh piezoelektrik ketika diberikan beban pemberat yang berbeda.

Tabel 1. Data Efek Pembebanan terhadap Piezoelektrik

RL ( $\Omega$ )	Tegangan Terukur (V)	I ( $\mu$ A)	P (mW)
27	0	0	0
560	0	0	0
1k	0	0	0
3,3k	0	0	0
22k	6	0	0
100k	19,8	197	3,9
120k	21,3	178	3,8
150k	19,4	128	2,5

Sumber : Data Olahan

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa piezoelektrik memiliki impedansi sumber yang besar yaitu berkisar 83 k $\Omega$  dengan arus keluaran 300 $\mu$ A. Sehingga dapat dikatakan bahwa daya *output* yang dihasilkan akan maksimal apabila resistansi beban mendekati 83k $\Omega$  seperti tampak pada Gambar 8.



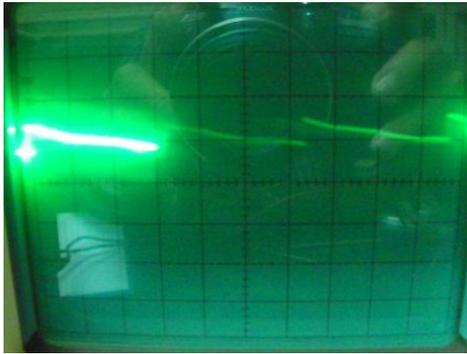
Gambar 8. Daya *Output* yang dihasilkan Piezoelektrik

Sistem catu daya menggunakan metode *bending* dengan beban pemberat untuk memaksimalkan gaya yang diperoleh pada piezoelektrik). Adanya pemberat sangat mempengaruhi besarnya tegangan *output* yang tercapai. Dimana daya yang dihasilkan oleh piezoelektrik berkisar 0 - 5mW dengan tegangan mencapai 25V. Dalam proses konversinya rangkaian yang digunakan pada Gambar 6 dapat menghasilkan daya sebesar 9 mW, rangkaian ini mampu menyalakan 6 lampu led yang terpasang secara parallel dengan level tegangan sebesar 3,3 V dari keluaran regulator. Berikut merupakan data hasil pengujian dan bentuk gelombang yang didapatkan.

Tabel 2. Data Hasil *Output* yang Dihasilkan

$C_{in}$ ( $\mu$ F)	Tegangan (Volt)		$I_{out}$ (mA)	$P_{out}$ (mW)	$f_{out}$ (Hz)	$\eta$ (%)
	$V_{C_{in}}$	$V_{out}$				
4,7	4,8	3,25	0,5	1,62	32	93,5
10	4,8	3,6	0,6	2,16	20	93,7
47	4,8	3,6	1,5	5,4	12	83,1
100	4,8	3,6	1,6	5,76	6	83
220	4,8	3,6	2,5	9	4	88,7

Sumber : Data Olahan



Gambar 9. Gelombang Output Hasil Pengujian dengan Pengaturan 5v/div dan 20ms/div

*Output* terbukti dapat menyalakan 6 lampu led *superbright* yang terpasang secara parallel dan dapat mengisi baterai Li-Ion 3,7V 20mAH selama 7 jam. *Output* yang dihasilkan memiliki frekuensi tertentu tergantung pada pemberian kapasitor *input* yang berfungsi untuk menyimpan tegangan sementara.

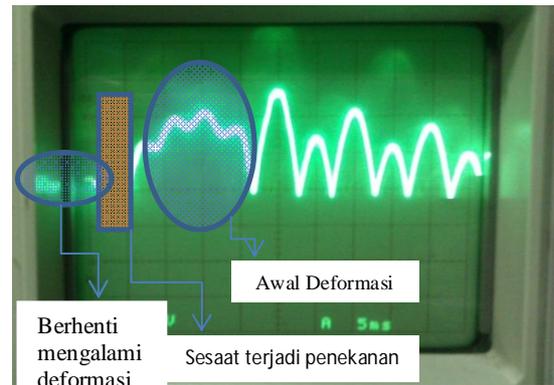
Dalam mengkonversi tegangan tinggi dengan arus yang sangat kecil diperlukan suatu rangkaian dengan efisiensi yang sangat tinggi. Dengan penggunaan LTC3588 memungkinkan proses konversi tanpa menggunakan catu baterai eksternal dengan daya *output* hingga 9 mW yang dapat dijadikan sebagai mikro generator. Penggunaan kapasitor input yang tepat menentukan daya output yang dapat tercapai dimana pada kapasitor input ini bertindak sebagai penyimpan energi sementara. Karena kapasitor input digunakan sebagai penyimpan energi sementara sebelum terjadinya proses konversi, maka daya *output* yang dihasilkan akan sangat tergantung dengan energi yang tersimpan pada kapasitor input ini dimana semakin besar nilai kapasitansinya maka semakin besar pula energi yang dapat tersimpan untuk kemudian dikonversikan. Tegangan minimal yang diperlukan oleh kapasitor untuk mencatu *hysteresis buck* adalah sebesar 4,8 V terlihat pada Tabel 2.

Hal ini menunjukkan bahwa proses konversi tegangan tidak akan terjadi apabila

tegangan *input* yang diberikan piezoelektrik tidak mencapai 4,8 V.

### ANALISA DATA

Sesaat terjadi tumbukan (penekanan) antara piezoelektrik dan *stick* penekan terjadi gelombang dengan periode yang lebih besar dari yang lainnya. Hal ini dapat ditunjukkan pada gambar berikut ini :



Gambar 10. Pengaruh Penekanan terhadap Bentuk Gelombang

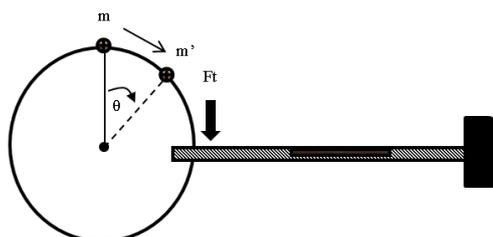
Dari gambar di atas dapat menjelaskan bahwa penekanan pada piezoelektrik membuat piezoelektrik mengalami deformasi. Deformasi bentuk tersebut membuat piezoelektrik mengalami polarisasi yang menghasilkan energi listrik.



Gambar 11. Deformasi yang Terjadi pada Piezoelektrik

Sesaat setelah terjadi penekanan, gelombang yang dihasilkan merupakan gelombang dengan tegangan puncak yang paling tinggi. Kemudian gelombang ini bertahap mengecil hingga terjadi penekanan berikutnya. Hal ini terjadi karena sesaat setelah piezoelektrik mengalami tumbukan dengan *stick* penekan,

merupakan deformasi dengan amplitudo terbesar pada piezoelektrik. Kemudian deformasi ini bertahap akan berhenti, mengingat adanya sifat elastisitas pada piezoelektrik untuk mempertahankan ke keadaan semula. Sedangkan gaya yang terjadi pada piezoelektrik merupakan gaya dari hasil putaran motor yang dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 12. Gaya Tekan yang Diberikan ke Piezoelektrik

Pada batang penggetar memberikan tekanan dengan kecepatan tetap yang berarti  $V_m = V_{m'} = V$  dan tekanan diberikan setiap satu putaran penuh yang berarti sejauh  $360^\circ$  ( $2\pi$ ).

Menghitung percepatan sudut ( $\alpha$ ) benda yang berbanding dengan nilai nilai kuadrat dari kelajuan linier benda ( $V$ ) dimana periode ( $T$ ) merupakan waktu yang diperlukan untuk melakukan satu putaran ( $360^\circ$ ).

Berdasarkan data hasil pengujian, dapat diketahui bahwa kecepatan putaran motor sangat mempengaruhi *output* yang dihasilkan dimana tegangan *output* dan arusnya akan semakin besar sebanding dengan kecepatan motor yang diberikan, dengan kata lain semakin cepat kecepatan motor, maka frekuensi penekanan terhadap piezoelektrik akan semakin besar yang mengakibatkan kenaikan daya *output* ( $P$ ). Hal ini sangat menunjukkan karakteristik piezoelektrik dimana semakin meningkat frekuensi penekanan yang diberikan, maka daya ( $P$ ) yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan kenaikan gaya dimana (persamaan 3) kecepatan sudut  $\omega$  berbanding kuadrat dengan gaya yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin cepat putaran motor, maka

gaya tekan yang dialami piezoelektrik akan semakin besar.

### Efek Pembebanan Terhadap Piezoelektrik Dan Daya Output Piezoelektrik

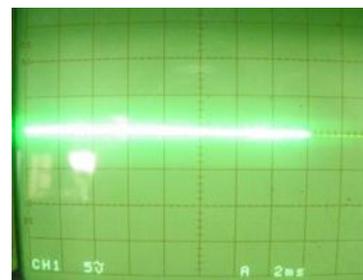
Hal ini bertujuan untuk melihat karakteristik gelombang *output* piezoelektrik terhadap pembebanan yang diberikan.

#### Cara Pengujian

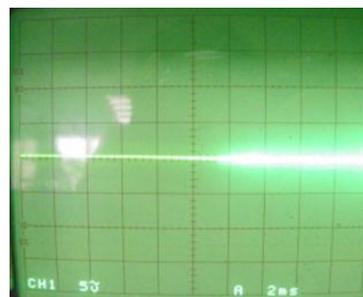
Rangkaian uji terdiri dari penyearah gelombang penuh dan resistor ( $R_L$ ). Pengujian ini dilakukan dengan mencoba satu persatu nilai resistansi beban ( $R_L$ ) yang diberikan. Kemudian *output* diukur tegangan dan arusnya dengan menggunakan multimeter digital serta melihat hasilnya pada *oscilloscope*. Nilai resistansi yang digunakan adalah  $27 \Omega$ ,  $560 \Omega$ ,  $1 \text{ k}\Omega$ ,  $3.3 \text{ k}\Omega$ ,  $22 \text{ k}\Omega$ ,  $100 \text{ k}\Omega$ ,  $120 \text{ k}\Omega$ , dan  $150 \text{ k}\Omega$ .

#### Data Hasil Pengujian

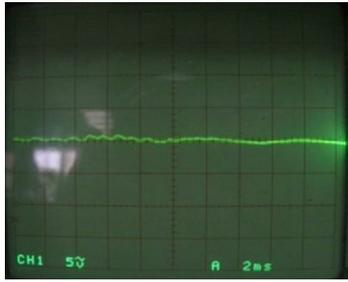
Berikut merupakan gambar gelombang hasil pengujian dengan  $\text{volts/div} = 5$  dan  $\text{times/div} = 2 \text{ ms}$  pada beban  $27 \Omega$ ,  $560 \Omega$  dan  $1 \text{ K}\Omega$ .



Gambar 13. Gelombang Hasil Pengujian dengan Beban  $27 \Omega$

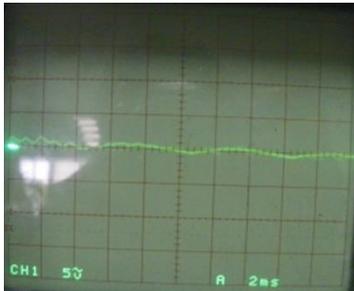


Gambar 14. Gelombang Hasil Pengujian dengan Beban  $560 \Omega$

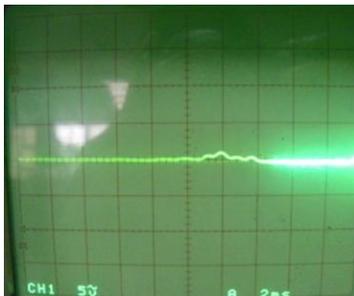


Gambar 15. Gelombang Hasil Pengujian dengan Beban 1 kΩ

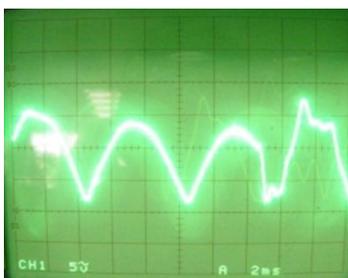
Berikut merupakan gambar gelombang hasil pengujian dengan volts/div = 5 dan times/div = 2ms pada beban 3,3 kΩ, 22 kΩ dan 100 kΩ.



Gambar 16. Gelombang Hasil Pengujian dengan Beban 3,3 kΩ



Gambar 17. Gelombang Hasil Pengujian dengan Beban 22 kΩ



Gambar 18. Gelombang Hasil Pengujian dengan Beban 100 kΩ

Tabel 3 Data Efek Pembebanan terhadap Piezoelektrik

RL (Ω)	Tegangan Terukur (V)	I (μA)	P (mW)
27	0	0	0
560	0	0	0
1k	0	0	0
3,3k	0	0	0
22k	6	0	0
100k	19,8	197	3,9
120k	21,3	178	3,8
150k	19,4	128	2,5

Sumber : Data Olahan (2014)

Besarnya daya dan arus dihitung dengan pendekatan resistansi.

$$P = V^2/R$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \frac{V}{R}$$

Dimana:

P = Daya yang diserap beban (Watt)

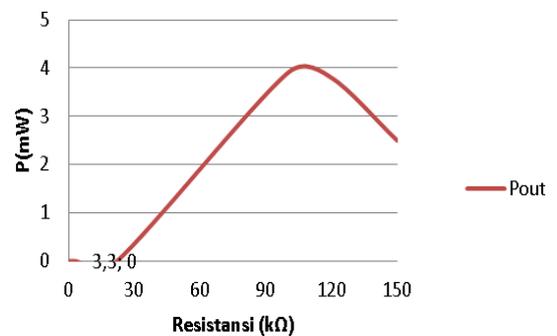
V = Tegangan yang terukur pada beban (V)

R = Resistansi beban (Ω)

I = Arus beban (A)

### Analisa Data

Dari data hasil pengujian dapat dilihat bahwa *output* tidak muncul pada nilai beban tertentu. Hal ini bukan dikarenakan tidak adanya output yang dihasilkan piezoelektrik melainkan dikarenakan transfer daya yang tidak maksimal. Berikut merupakan grafik perbedaan daya *output* yang tercapai pada pemberian beban yang berbeda.



Gambar 19. Grafik Daya *Output* yang Tercapai dengan Nilai Resistansi yang Berbeda

## **KESIMPULAN**

1. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa ada pengaruh terhadap pemberian besarnya tahanan beban pada piezoelektrik, tahanan dibawah 20 K $\Omega$  tidak ada arus yang mengalir dan semakin besar tahanan beban maka tegangannya juga semakin besar.
2. Piezoelektrik memiliki daya output yang kecil akan tetapi dengan nilai impedansi internal yang tinggi. Oleh karena penggunaan piezoelektrik sebagai generator memungkinkan untuk digunakan dalam teknologi pada mobil listrik yang membutuhkan daya kecil.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Minazara, D. Vasic and F. Costa. (2014) Piezoelectric Generator Harvesting Bike Vibrations Energy to Supply Portable Devices. Universitas Cergy-Pontoise. [www.icrepq.com/icrepq-08/344-minazara.pdf](http://www.icrepq.com/icrepq-08/344-minazara.pdf).