

# Uji Eksperimen Desain Piezoelektrik Kuarsa dengan Variasi Beban terhadap Keluaran Arus dan Tegangan

I Ketut Adi Pramayoga, I Gusti Ngurah Nitya Santhiarsa, dan Ni Made Dwidiani  
*Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali*

## Abstrak

Penelitian ini berupaya untuk menciptakan salah satu alat pemanen energi yaitu piezoelektrik dengan memanfaatkan bahan pasir kuarsa "CeraSil" yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Input energi mekanik yang digunakan untuk mendapatkan energi listrik berasal dari beban statis. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai proses pembuatan prototipe piezoelektrik kuarsa dan pengaruh pembebanan yang bervariasi terhadap keluaran arus dan keluaran tegangan dari piezoelektrik kuarsa. Penelitian ini melakukan 2 jenis pengujian yaitu, pengujian keluaran arus dan keluaran tegangan pada prototipe piezoelektrik kuarsa dengan menggunakan metode eksperimen, maka dilakukan pemberian tekanan yang bervariasi untuk mendapatkan keluaran arus dan keluaran tegangan yang diinginkan. Dengan menggunakan beban statis, didapatkan keluaran arus rata-rata sebesar 0,944  $\mu A$ , 1,145  $\mu A$ , dan 1,356  $\mu A$  pada beban statis 2 kgf, 4 kgf, dan 6 kgf, dengan peningkatan keluaran arus dari 2 kgf ke 4 kgf sebesar 21,29 % dan peningkatan keluaran arus dari 4 kgf ke 6 kgf sebesar 18,43 %. Pada keluaran tegangan, didapatkan keluaran tegangan rata-rata sebesar 0,8359 V, 1,0324 V, dan 1,2413 V pada beban statis 2 kgf, 4 kgf, dan 6 kgf dengan peningkatan keluaran tegangan dari 2 kgf ke 4 kgf sebesar 23,5 % dan peningkatan keluaran tegangan dari 4 kgf ke 6 kgf sebesar 20,23 %.

Kata kunci: Kuarsa, pemanen energi, piezoelektrik

## Abstract

This study aims at creating an energy harvester called piezoelectric by using "CeraSil" quartz sand material that can convert mechanical energy into electrical energy. A mechanical energy input used to obtain the electrical energy comes from a static load. This study will discuss the process of making quartz piezoelectric prototype and the effect of variable pressure loading on the current output and voltage output of quartz piezoelectric. This study conducts 2 types of testing, testing the current output and voltage output on the quartz piezoelectric prototype, by using experimental method and applying variable pressures to obtain the desired current output and voltage output. By using the static loads, the averages of the current output are 0.944  $\mu A$ , 1.145  $\mu A$ , and 1.356  $\mu A$  at the static loads of 2 kgf, 4 kgf, and 6 kgf, with 21.29 % increase of current output from 2 kgf to 4 kgf and 18.43 % increase of current output from 4 kgf to 6 kgf. Meanwhile, the averages of voltage output are 0.8359 V, 1.0324 V, and 1.2413 V at the static loads of 2 kgf, 4 kgf, and 6 kgf, with 23.5 % increase of voltage output from 2 kgf to 4 kgf and 20.23 % increase of voltage output from 4 kgf to 6 kgf.

Keywords: Quartz, energy harvester, piezoelectric

## 1. Pendahuluan

Dengan konsumsi listrik di Indonesia yang semakin meningkat setiap tahunnya, tentunya juga akan berdampak terhadap lingkungan hidup, karena pembangkit listrik di Indonesia sebagian besar masih menggunakan energi yang berasal dari fosil yang mana pembangkit listrik energi fosil menghasilkan emisi gas buang yang akan berdampak langsung terhadap lingkungan hidup.

Untuk mengurangi emisi gas buang, maka diperlukan suatu alat pemanen energi yang bisa mengurangi penggunaan listrik. Terdapat banyak alat pemanen energi salah satunya ialah piezoelektrik. Piezoelektrik merupakan penghasil listrik yang ramah lingkungan, dimana ketika piezoelektrik diberi tekanan maka piezoelektrik itu sendiri akan menghasilkan listrik dengan mengkonversi energi mekanik yang diberikan dan menjadikannya energi listrik.

Terdapat berbagai macam bahan dari piezoelektrik, namun bahan alami yang paling banyak digunakan dalam pembuatan piezoelektrik adalah kuarsa (SiO<sub>2</sub>). Bentuk yang paling umum dari

kuarsa adalah pasir kuarsa. Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini membuat prototipe piezoelektrik dari bahan pasir kuarsa untuk diuji keluaran arus dan keluaran tegangan dari piezoelektrik tersebut dengan menggunakan variasi beban statis.

Adapun beberapa batasan yang ditetapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian XRD untuk menentukan fasa pasir yang digunakan.
2. Prototipe hanya diuji tekanan untuk mendapatkan keluaran arus dan tegangan..
3. Pasir yang digunakan adalah pasir "Cerasil" 325 mesh.
4. Pengujian tekanan menggunakan beban statis.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Tekanan

Jika suatu benda padat terletak diatas permukaan suatu benda, maka benda padat tersebut akan memberikan tekanan pada permukaan dibawahnya. Tekanan benda padat tersebut dapat dihitung dengan gaya yang diberikan dan luas penampang yang menahan benda padat tersebut. Sebagai contoh

sebuah balok yang terletak diatas permukaan lantai. Tekanan balok dapat dihitung dengan membagi berat balok tersebut dengan luas penampang dari balok itu sendiri. Atau didefinisikan dalam persamaan fisika sebagai berikut [1].

$$p = \frac{F}{A} \quad (1)$$

F = gaya tekan (N)  
A = luas penampang kontak (m<sup>2</sup>)  
P = tekanan Pa (pascal).

## 2.2 Pasir Kuarsa

Pasir kuarsa merupakan pasir yang banyak ditemukan dan merupakan istilah industri untuk pasir yang memiliki persentasi silika yang tinggi. Pasir kuarsa umumnya berwarna putih bening, tapi terkadang dapat dijumpai dengan warna lain sesuai dengan warna oksida pengotornya, seperti Fe atau Cu yang mengakibatkan warna kuning dan merah. Pasir kuarsa memiliki kekerasan 7 mohs, titik lebur 1715 °C dan konduktivitas 12-100 °C, dengan bentuk kristal heksagonal.

Kandungan pasir kuarsa umumnya terdiri dari berbagai unsur kimia sebagai berikut [2].

Kandungan	Persentase
SiO <sub>2</sub>	55,30 – 99,87 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01 – 9,14 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01 – 19,0 %
TiO <sub>2</sub>	0,01 - 0,49 %
CaO	0,01 – 3,24 %
MgO	0,01 - 0,26 %
K <sub>2</sub> O	0,01 – 17,0 %

## 2.3 Piezoelektrik

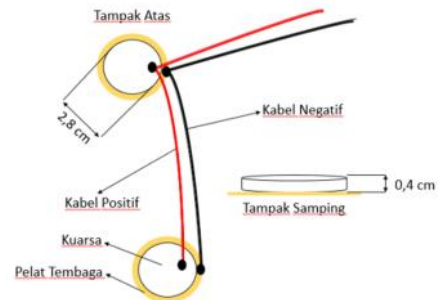
Piezoelektrik adalah salah satu dari komponen elektronika yang bisa mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik maupun sebaliknya. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan prinsip atau efek piezoelektrik itu sendiri, yaitu ketika suatu gaya atau tekanan yang diberikan pada bahan piezoelektrik, maka pada permukaan bahan piezoelektrik tersebut akan muncul muatan listrik. Hal itu dapat terjadi karena adanya pergerakan muatan-muatan listrik pada sel kristal bahan piezoelektrik akibat gaya yang diberikan pada bahan piezoelektrik tersebut [3].

## 3. Metode Penelitian

Model pada penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk mengetahui kualitas dari piezoelektrik kuarsa. Piezoelektrik kuarsa akan diuji menggunakan beban 2 kgf, 4 kgf, dan 6 kgf untuk

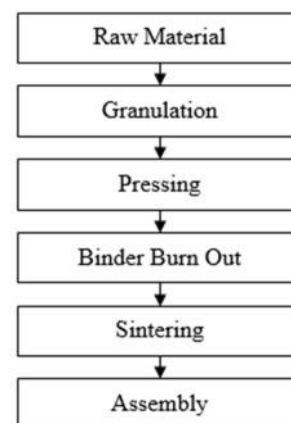
mendapatkan keluaran arus dan keluaran tegangan. Dengan menggunakan 3 prototipe, per masing-masing beban dilakukan dengan 3 kali pengujian untuk uji keluaran arus dan 5 detik data keluaran tegangan stabil yang digunakan per masing-masing beban untuk pengujian keluaran tegangan.

Adapun desain yang digunakan dalam pembuatan prototipe ialah sebagai berikut.



Gambar 1. Desain Prototipe Piezoelektrik Kuarsa

Tahapan dalam pembuatan prototipe piezoelektrik kuarsa dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Proses Pembuatan Prototipe Piezoelektrik Kuarsa

- Raw Material (Bahan Baku)**  
Pasir kuarsa “CeraSil” 325 mesh yang berasal dari daerah Bangka Belitung digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan piezoelektrik kuarsa.
- Granulasi**  
Bahan baku kemudian dicampur dengan pengikat organik. Pengikat yang digunakan adalah perekat CMC sebanyak 5%.
- Pressing (Cetak Tekan)**  
Bahan baku yang sudah dicampur kemudian di cetak tekan menggunakan alat press hidrolik dengan ukuran cetakan yang telah ditentukan. Proses cetak tekan dilakukan dengan memberikan tekanan 5 kN selama 30 detik.

d. Pembakaran *Binder*

Senyawa organik dan bahan pengikat dihilangkan dengan pemanasan pada temperatur 500°C - 700°C secara perlahan.

e. Sintering

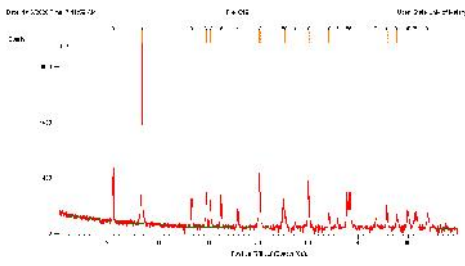
Sintering dilakukan agar terjadi pertumbuhan butir dan berdifusi untuk membentuk keramik piezoelektrik. Proses sintering dilakukan dengan suhu 1200 °C selama 6 jam.

f. *Assembly*

Setelah piezoelektrik kuarsa selesai dicetak, kemudian dilanjutkan dengan perangkaian prototipe. Perangkaian prototipe dilakukan dengan menggabungkan hasil cetakan piezoelektrik dengan lembaran tembaga dan kabel. Rangkaian prototipe piezoelektrik menggunakan rangkaian secara paralel.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Analisis XRD (X-Ray Diffraction)



Gambar 1. Grafik hubungan intensitas dengan sudut difraksi

Dilihat dari grafik diatas, terlihat bahwa terdapat beberapa *peak* atau puncak pola difraksi dengan intensitas yang berbeda-beda. *Peak* terjadi karena difraksi sinar X dengan intensitas *peak* berbanding lurus dengan jumlah foton sinar X. Untuk mengetahui bidang difraksi XRD bisa dilihat pada gambar berikut ini.

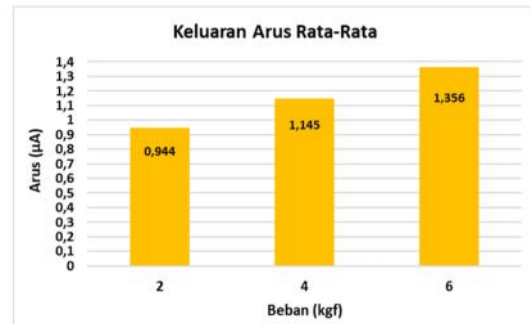
Pos. (*2Th.)	Height(cts)	FWHM(*2Th.)	d-spacing(Å)	Rel.Int.(%)
20.8882	790.79	0.1181	4.25283	16.74
26.6659	4725.33	0.1378	3.34304	100.00
36.5667	294.67	0.1181	2.45743	6.24
39.4871	221.95	0.0984	2.28216	4.70
40.3197	148.09	0.0787	2.23693	3.13
42.4765	211.02	0.0984	2.12821	4.47
45.8169	148.17	0.0787	1.98052	3.14
50.1585	465.52	0.0960	1.81729	9.85
50.3095	210.74	0.0960	1.81670	4.46
54.8947	165.89	0.0960	1.67117	3.51
55.3392	43.58	0.2400	1.65880	0.92
57.3605	5.24	0.5760	1.60505	0.11
59.9752	308.66	0.1200	1.54118	6.53
60.1405	176.66	0.0960	1.54115	3.74
64.0458	49.12	0.0960	1.45269	1.04
65.8618	11.58	0.2880	1.41696	0.25
67.7543	213.83	0.1200	1.38192	4.53
68.1616	228.47	0.0960	1.37465	4.84
68.3303	250.76	0.1200	1.37166	5.31
73.4650	57.90	0.1200	1.28795	1.23
75.6725	92.84	0.1440	1.25577	1.96
75.8911	51.22	0.1440	1.25581	1.08
77.6756	42.13	0.1200	1.22832	0.89
79.9028	106.06	0.0720	1.19959	2.24
80.1122	62.89	0.1440	1.19698	1.33
81.1838	55.36	0.1440	1.18386	1.17
81.4773	111.34	0.1200	1.18034	2.36
81.7229	40.93	0.1440	1.18034	0.87
83.8462	57.26	0.1440	1.15291	1.21

Gambar 1. Hasil XRD pasir “Cerasil”

Dari gambar tersebut, bisa dilihat bidang difraksi yang memiliki intensitas tertinggi yaitu 100 % berada pada sudut  $2\theta = 26,6659$  dengan bidang difraksi 3,34 Å. Sesuai dengan penelitian [4] dan [5] bahwa fasa kuarsa terdapat pada bidang difraksi 3,33 Å dengan posisi sudut intensitas maksimum yang termasuk fasa kuarsa adalah pada posisi  $2\theta = 26,8$ . Dengan demikian pasir “CeraSil” telah mengidentifikasi fase kuarsa dengan bentuk kristal heksagonal.

4.2. Hasil Uji Arus

Hasil uji keluaran arus rata-rata dari tiga kali pengujian pada 3 prototipe piezoelektrik kuarsa dengan beban 2 kgf didapatkan arus rata-rata sebesar 0,944 µA, dengan menggunakan beban 4 kgf didapatkan arus rata-rata sebesar 1,145 µA, dan dengan menggunakan beban 6 kgf didapatkan arus sebesar 1,356 µA. Dengan grafik keluaran arus rata-rata seperti gambar berikut.



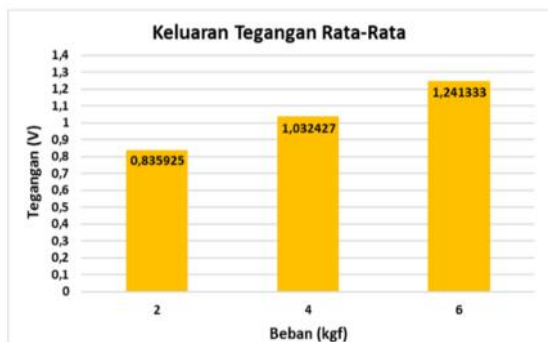
Gambar 5. Grafik Keluaran Arus Rata-rata Prototipe Piezoelektrik Kuarsa

Terjadi kenaikan keluaran arus rata-rata dari beban 2 kgf ke beban 4 kgf sebesar 21,29 % dan juga terjadi kenaikan keluaran arus rata-rata dari beban 4 kgf ke beban 6 kgf sebesar 18,43 % hal tersebut terjadi karena sesuai dengan persamaan tekanan yaitu tekanan sama dengan gaya dibagi dengan satuan luas, dimana tekanan berbanding lurus dengan gaya yang artinya semakin bertambahnya beban yang diberikan maka tekanan yang dihasilkan juga akan semakin bertambah sehingga keluaran arus juga akan semakin bertambah seiring dengan penambahan beban.

4.3. Hasil Uji Tegangan

Dari hasil pengujian osiloskop, rata-rata keluaran tegangan pada pengujian prototipe piezoelektrik kuarsa dengan beban 2 kgf didapatkan tegangan rata-rata sebesar 0,8359 V, dengan menggunakan beban 4 kgf didapatkan arus rata-rata sebesar 1,0324 V, dan dengan menggunakan beban 6 kgf didapatkan arus sebesar 1,2413 V.

Dengan grafik keluaran tegangan rata-rata seperti gambar berikut.



**Gambar 5. Grafik Keluaran Tegangan Rata-rata Prototipe Piezoelektrik Kuarsa**

Terjadi kenaikan keluaran tegangan rata-rata dari beban 2 kgf ke beban 4kgf sebesar 23,5 % dan kenaikan keluaran tegangan dari beban 4 kgf ke beban 6 kgf sebesar 20,23 %. Kenaikan tersebut terjadi karena sesuai dengan persamaan tekanan yaitu tekanan sama dengan gaya dibagi dengan satuan luas, dimana tekanan berbanding lurus dengan gaya yang artinya semakin bertambahnya beban yang diberikan maka tekanan yang dihasilkan juga akan semakin bertambah sehingga keluaran tegangan juga akan semakin bertambah seiring dengan penambahan beban.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang uji eksperimen desain piezoelektrik kuarsa disimpulkan beberapa hal antara lain.

1. Keluaran arus rata-rata yang dihasilkan oleh prototipe piezoelektrik kuarsa dengan beban 2 kgf, 4 kgf, dan 6 kgf, adalah 0,944  $\mu$ A, 1,156  $\mu$ A, dan 1,356  $\mu$ A. Terjadi kenaikan keluaran arus rata-rata dari beban 2 kgf ke beban 4 kgf sebesar 22,46 % dan dari beban 4 kgf ke beban 6 kgf sebesar 17,31 %. Artinya hubungan beban berbanding lurus dengan keluaran arus.
2. Keluaran tegangan rata-rata yang dihasilkan oleh prototipe piezoelektrik kuarsa dengan beban 2 kgf, 4 kgf, dan 6 kgf, adalah 0,8359 V, 1,0324 V, dan 1,2413 V. Terjadi kenaikan keluaran tegangan rata-rata dari beban 2 kgf ke beban 4 kgf sebesar 23,5 % dan dari beban 4 kgf ke beban 6 kgf sebesar 20,23 %. Yang artinya hubungan beban berbanding lurus dengan keluaran tegangan.

## Daftar Pustaka

- [1] Giancoli, Douglas. C, 2014, *Physics Principles with Applications*, Pearson Education, United States of America.

- [2] Sukandarrumidi, 2009, *Bahan Galian Industri*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [3] Jaffe, H, B. Jaffe, W. R. Cook. Jr, 1971, *Piezoelectric Ceramics*, Academic Press, London and New York.
- [4] Munasir, Triwikantoro, M. Zainuri, Darmito, 2012, *Uji Xrd dan Xrf pada Bahan Meneral (Batuan Dan Pasir) sebagai Sumber Material Cerdas (Caco3 Dan Sio2)*, Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA), Surabaya.
- [5] Muliawan, Arief, 2017, *Studi Awal Bahan Dasar Piranti Solar Cell pada Pasir Sambera Muara Badak menggunakan Xrf dan Xrd*, Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro, Bontang.



**I Ketut Adi Pramayoga** merupakan mahasiswa yang telah menyelesaikan studi Strata 1 di Universitas Udayana dengan Program Studi Teknik Mesin pada tahun 2020.

Bidang-bidang penelitian yang diminati ialah topik-topik yang membahas tentang material teknik dan energi ramah lingkungan.