

# Desain Piezoelektrik Dengan Variasi Diameter Penampang Kuarsa Terhadap Keluaran Arus Dan Tegangan

Ida Bagus Dyota Aruna Bhayu, I Gusti Ngurah Nitya Santhiarsa dan Ni Made Dwidiani

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

---

## Abstrak

Energi alternatif pada masa kini diperlukan sebagai pengganti sebagian energi listrik yang dibangkitkan dari energi yang berasal dari fosil. Piezoelektrik merupakan salah satu contoh sumber energi alternatif berskala kecil yang dapat digunakan pada keseharian atau aktifitas tertentu untuk membantu menggantikan sumber energi berbahan dasar fosil dalam menghasilkan energi listrik. Piezo berarti tekanan dan elektrik menggantikan listrik yang kemudian piezoelektrik memiliki arti menghasilkan atau memanen energi listrik dengan energi mekanis. Piezoelektrik berbahan kuarsa memiliki potensial yang tinggi untuk dikembangkan karena kuarsa merupakan salah satu bahan alami yang memiliki efek piezoelektrik dan terdistribusi secara luas di permukaan bumi. Dalam penelitian ini, peneliti menciptakan piezoelektrik berbahan kuarsa yang diameternya divariasikan dan disusun secara paralel serta diberikan beban sebesar 6 kg. Hasil yang didapat adalah piezoelektrik berdiameter paling besar menghasilkan rata-rata arus dan rata-rata tegangan yang semakin besar.

Kata Kunci : piezoelektrik, kuarsa, variasi diameter

## Abstract

Alternative energy in this era is needed for changing partially electric energy that produced by fossil energy. Piezoelectric is one example alternative energy source in small scale that can we use everyday or in certain activity for helping fossil energy source to produce electric energy. Piezo means press and electric means electricity then piezoelectric have a meaning produced or harvesting electric energy from mechanical stress. Quartz piezoelectric have high potential to be developed because quartz is natural material who have piezoelectric effect and widely distributed in the surface of earth. In this research, the researcher create quartz piezoelectric whose diameters varied and arranged in paralel and then given 6 kilogram load. The results is the more biggest diameter piezoelectric produced average electric current and average electric voltage more biggest.

Keywords: Piezoelectric, quartz, varied diameters

---

## 1. Pendahuluan

Kehidupan manusia tidak dapat dipisahkan dengan teknologi-teknologi yang mempermudah kehidupan manusia. Namun, teknologi-teknologi tersebut ditunjang oleh energi listrik dalam pengoperasiannya sehingga kehidupan manusia pada saat ini tak dapat dipisahkan dari energi listrik. Energi listrik sebagian besar dibangkitkan melalui bahan bakar fosil yang seringkali berkontribusi dalam merusak lingkungan. Maka dari itu, ilmuwan-ilmuwan maupun pemerintah menggadagadangkan wacana untuk memaksimalkan energi alternatif yang dapat menggantikan peran dari energi berbahan dasar fosil. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk merealisasikan wacana energi alternatif adalah dengan menggunakan piezoelektrik dalam memanen energi. Piezoelektrik merupakan salah satu cara pemanen energi yang dalam menghasilkan energi memerlukan tekanan untuk memicu efek piezoelektrik keluar dari material yang memilikinya dan salah satu material tersebut adalah kuarsa.

Untuk mengetahui seberapa efektif kuarsa dalam membangkitkan energi listrik dan berapa besar peran diameter piezoelektrik berbahan kuarsa dalam menghasilkan listrik, maka saya

memvariasikan ukuran diameter pada piezoelektrik berbahan dasar kuarsa yang saya ciptakan. Ukuran diameter yang digunakan ialah 2,30 cm ; 2,875 cm ; 3,45 cm.

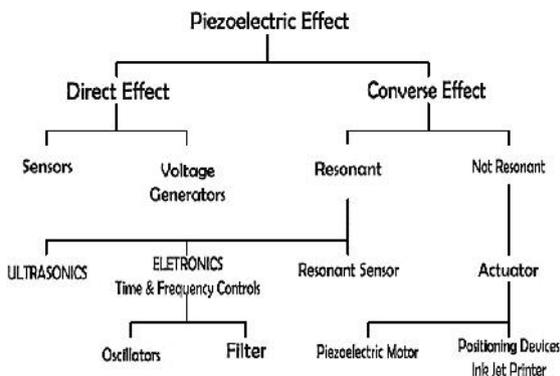
Beberapa batasan penelitian ditetapkan dalam penelitian ini diantara lain, meliputi:

1. Tebal piezoelektrik sama dan besar beban yang diberikan konstan
2. Rangkaian yang digunakan rangkaian paralel
3. Piezoelektrik berbahan dasar tetap yaitu berbahan dasar pasir kuarsa "Cerasil" 325
4. Hasil XRD hanya sebagai pembuktian material benar merupakan fase kuarsa

## 2. Dasar Teori

Piezoelektrik berasal dari dua kata yaitu *piezo* yang berarti tekanan dan *electric* yang artinya listrik. Jadi piezoelektrik merujuk kepada sesuatu atau bahan yang dapat menghasilkan energi listrik ketika diberikan suatu gaya tekanan atau tarikan. Bahan piezoelektrik berarti dapat memproduksi medan listrik ketika mendapat tekanan mekanis. Piezoelektrik dapat diciptakan menggunakan bahan alami atau bahan buatan. Contoh bahan alami seperti kuarsa, garam rossel, turmalin,dll. Contoh bahan buatan seperti Lead Zirconate Titanate (PZT), Polyvinylidene fluoride (PVDF),dll. Implementasi

piezoelektrik dapat digunakan untuk beberapa macam fungsi seperti piezoelektrik transduser, piezoelektrik sensor, piezoelektrik aktuator, dll.



**Gambar 1. Fungsi dan Penggunaan Piezoelektrik [1]**

*Compaction* adalah salah satu metode pembentukan benda yang diinginkan dengan mekanisme penekanan serbuk yang dimasukkan kedalam cetakan. *Compaction* sering disebut juga proses cetak tekan. Penekanan pada serbuk berfungsi untuk konsolidasi dari serbuk kedalam bentuk yang diinginkan dan memperoleh dimensi yang dicanangkan sebelumnya. Tekanan pemadatan yang diperlukan bergantung kepada jenis bahan serbuk. Penekanan terhadap serbuk dengan tujuan agar serbuk menempel antar serbuk sebelum ditingkatkan ikatannya dengan proses *sintering*

*Sintering* merupakan proses memanaskan material dibawah titik leburnya. Efek dari sintering menyebabkan partikel-partikelnya berikatan satu sama lain sehingga benda padat dapat terjadi dikarenakan terbentuknya ikatan-ikatan antar partikel yang ada didalam suatu benda tersebut. Meningkatnya ikatan setelah proses *sintering* ini disebabkan timbulnya *liquid bridge (necking)* sehingga porositas dapat diminimalisir dan bahan menjadi lebih menyatu dan kompak.

*X-Ray Diffraction* atau disingkat XRD merupakan alat untuk mengidentifikasi fasa dan mengetahui tingkat kristalinitas bahan pada suatu material. XRD sering digunakan karena sifat sinar X untuk tujuan pemeriksaan tidak merusak material maupun manusia, sehingga XRD merupakan salah satu metode karakterisasi material yang paling sering digunakan dan paling tua

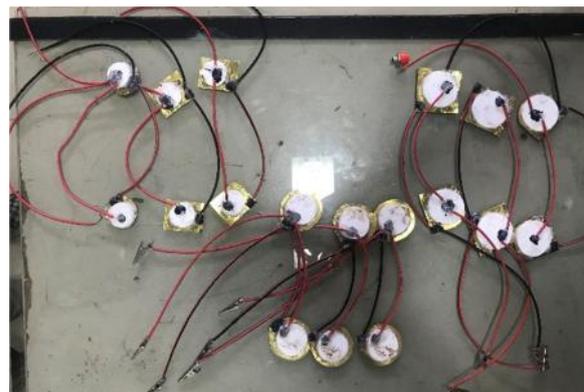
### 3. Metode Penelitian

Penelitian ini memvariasikan ukuran diameter pada piezoelektrik berbahan dasar kuarsa. Tebal piezoelektrik yang digunakan 0,4 cm dan beban yang diberikan sebesar 6 kg. Ada 3 ukuran diameter yaitu 2,30 cm; 2,875 cm; 3,45 cm. Dalam satu prototype terdapat 2 buah piezoelektrik yang disambungkan secara paralel. Output dari pengujian yang dilakukan adalah berupa keluaran tegangan dan arus listrik

Piezoelektrik diciptakan dengan metode metalurgi serbuk dengan berbahan dasar pasir kuarsa

“Cerasil” 325 mesh. Adapun rentetan tahapan penelitian yang dilaksanakan, yaitu :

- Proses metalurgi serbuk tersebut dimulai dari proses compaction. Proses compaction dilakukan dengan tekanan yang diberikan sebesar 2,5kN dan ditambahkan CMC pada kuarsa sebanyak 10%. Cetakan proses compaction disesuaikan dengan ukuran diameter yang akan dibuat.
- Setelah itu dilanjutkan dengan proses sintering dengan suhu 394 °C selama 120 menit dan dilanjutkan dengan suhu 789 °C dan 1184 °C masing-masing selama 120 menit.
- Pembuatan piezoelektrik dengan kuarsa yang telah disintering. Kuarsa yang telah disintering direkatkan dengan pelat tembaga
- Pembuatan prototype dengan cara merekatkan kuarsa serta pelat tembaga dengan kabel dan merangkai secara paralel 2 buah piezoelektrik
- Pengujian tegangan menggunakan osiloskop dengan metode mengukur keluaran voltase dengan beban 6 kg ditahan kurang lebih selama 5 detik sehingga menghasilkan data voltase sebanyak 5 data per masing-masing spesimen
- Pengujian arus menggunakan voltmeter yang diukur dengan metode pengambilan data arus listrik per spesimen sebanyak 3 data. Setiap data diambil ketika piezoelektrik menghasilkan arus yang stabil dengan waktu kestabilan arus kurang lebih selama 4 detik
- Karena peneliti menciptakan 3 prototipe piezoelektrik per masing-masing diameternya, maka pengujian diulangi per masing-masing spesimen. Gambar prototipe dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini



**Gambar 2. Prototipe Piezoelektrik**

- Pengujian pasir “Cerasil” 325 mesh dengan X-Ray Diffraction

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Pengujian Tegangan Listrik

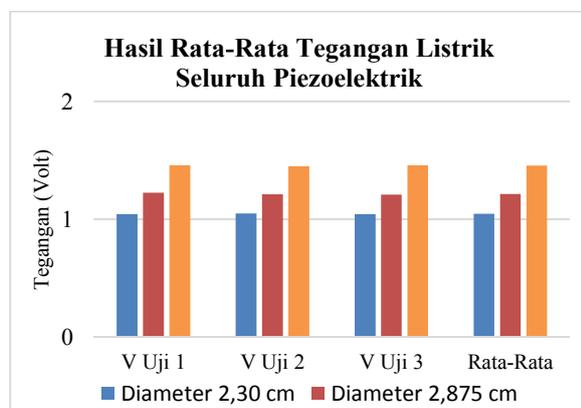
Tabel 1 merupakan tabel hasil rata-rata kelima data yang diambil pada setiap spesimen saat

pengujian tegangan listrik. V Uji yang dimaksudkan merupakan nomer spesimen yang diuji pada pengujian tegangan. Data menunjukkan bahwa hasil keluaran tegangan piezoelektrik cukup baik dan konsisten, karena jangkauan data sangat kecil bahkan jangkauan yang paling terbesar bernilai 0,016 volt yang dihasilkan oleh piezoelektrik dengan diameter 2.875 cm. Sedangkan piezoelektrik diameter 2.30 cm jangkauannya hanya 0.006 volt dan piezoelektrik berukuran diameter 3.45 cm hanya 0.008 volt.

**Tabel 1. Grafik Perbandingan Rata-Rata Tegangan Listrik Piezoelektrik**

Rata-Rata Tegangan Listrik Piezoelektrik (volt)				
	V Uji 1	V Uji 2	V Uji 3	Rata-Rata
Diameter 2,30 cm	1.042	1.048	1.044	1.045
Diameter 2,875 cm	1.224	1.212	1.208	1.215
Diameter 3,45 cm	1.458	1.45	1.458	1.456

Jika dibandingkan, terlihat bahwa rata-rata dari 5 buah data tegangan listrik yang terbesar dihasilkan pada piezoelektrik yang memiliki ukuran paling besar (3.45 cm) yang sebesar 1.456 volt dan posisi kedua dihasilkan oleh piezoelektrik yang memiliki diameter kedua terbesar (2.875 cm) yaitu sebesar 1.215 volt dan posisi ketiga (2.30 cm) sebesar 1.045 dihasilkan oleh piezoelektrik dengan diameter terkecil.



**Gambar 3. Diagram Perbandingan Rata-Rata Tegangan Listrik Piezoelektrik**

Rata-rata tegangan listrik yang dihasilkan pada piezoelektrik diameter 2,875 cm lebih besar 16% dari piezoelektrik diameter 2,30 cm. Namun piezoelektrik berukuran 3,45 cm memiliki rata-rata tegangan listrik 39% lebih besar dari piezoelektrik diameter 2,30 cm dan lebih besar 20% dari piezoelektrik diameter 2,875 cm. Dengan hasil data diatas, peneliti berkesimpulan semakin besar diameter piezoelektrik mengakibatkan semakin besar pula rata-rata tegangan listrik yang dihasilkan olehnya.

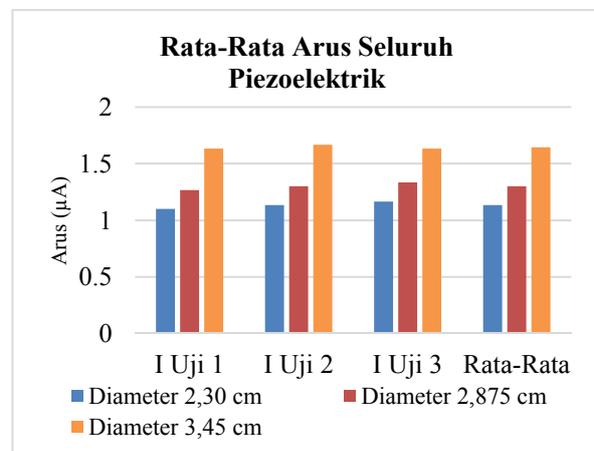
#### 4.2. Pengujian Arus Listrik

Tabel 2 merupakan hasil rata-rata dari 3 data yang diambil per masing-masing spesimen pada pengujian arus listrik. Mungkin hasil arus listrik yang dihasilkan dapat dikatakan kurang memuaskan karena masih sangat kecil (skalanya hanya mikroampere), sehingga belum efektif dimanfaatkan untuk menyuntikan energi pada perangkat-perangkat elektronik dengan daya rendah.

**Tabel 2. Grafik Perbandingan Rata-Rata Arus Listrik Piezoelektrik**

Rata-Rata Arus Listrik Seluruh Piezoelektrik ( $\mu$ A)				
	I Uji 1	I Uji 2	I Uji 3	Rata-Rata
Diameter 2,30 cm	1.1	1.133	1.167	1.133
Diameter 2,875 cm	1.267	1.3	1.333	1.3
Diameter 3,45 cm	1.633	1.667	1.633	1.644

Jika dibandingkan, terlihat bahwa rata-rata dari 5 buah data tegangan listrik yang terbesar dihasilkan pada piezoelektrik yang memiliki ukuran paling besar (3.45 cm) yang sebesar 1,644  $\mu$ A dan posisi kedua dihasilkan oleh piezoelektrik yang memiliki diameter kedua terbesar (2.875 cm) yaitu sebesar 1.3  $\mu$ A dan posisi ketiga (2.30 cm) sebesar 1.133  $\mu$ A dihasilkan oleh piezoelektrik dengan diameter terkecil

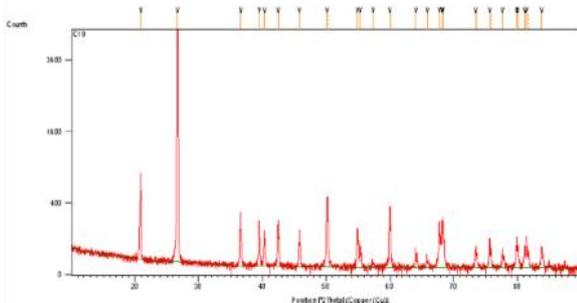


**Gambar 4. Diagram Perbandingan Rata-Rata Arus Listrik Piezoelektrik**

Rata-rata arus listrik yang dihasilkan piezoelektrik berukuran 2,875 cm lebih besar 14% dari diameter 2,30 cm. Rata-rata arus listrik yang dihasilkan oleh piezoelektrik diameter 3,45 cm lebih besar 45% dari diameter 2,30 cm dan hanya lebih besar 26% dari ukuran diameter 2,875 cm. Dari hasil pengujian listrik peneliti dapat menyimpulkan bahwa semakin besar diameter piezoelektrik tentu akan semakin besar pula arus listrik yang dihasilkannya

### 4.3. Pengujian X-Ray Diffraction

Grafik dibawah menggambarkan bahwa pola difraksi XRD terdiri dari beberapa peak yang mana sudut difraksi diukur pada garis horizontal dan intensitas peak ditampilkan pada sumbu vertikal. Posisi peak yang terjadi tergantung dari struktur kristalnya, hal ini dapat digunakan untuk menentukan struktur dan parameter kisi material yang di uji. Hasil dari grafik pada gambar 5 diperjelas pada tabel 3 dibawah ini



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian XRD

Tabel 3. Penjelasan Grafik Hasil Pengujian XRD

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]	Tip width [°2Th.]	Matched by
20.8962	789,50	0,1181	4,25121	16,70	0,1417	01-085-0504
26,6676	4727,20	0,1378	3,34283	100,00	0,1653	01-085-0504
36,5673	294,47	0,1181	2,45740	6,23	0,1417	01-085-0504
39,4819	223,30	0,0984	2,28244	4,72	0,1181	01-085-0504
40,3218	148,31	0,0787	2,23682	3,14	0,0945	01-085-0504
42,4746	209,74	0,0984	2,12830	4,44	0,1181	01-085-0504
45,8206	134,82	0,0787	1,98037	2,85	0,0945	01-085-0504
50,1560	463,53	0,0960	1,81738	9,81	0,1152	01-085-0504
54,8925	165,85	0,0960	1,67123	3,51	0,1152	01-085-0504
55,3304	42,58	0,2400	1,65904	0,90	0,2880	01-085-0504
57,3594	5,26	0,5760	1,60508	0,11	0,6912	01-085-0504
59,9747	306,73	0,1200	1,54119	6,49	0,1440	01-085-0504
64,0461	48,98	0,0960	1,45268	1,04	0,1152	01-085-0504
65,8566	11,82	0,2880	1,41706	0,25	0,3456	01-085-0504
67,7537	213,26	0,1200	1,38193	4,51	0,1440	01-085-0504
68,1625	228,19	0,0960	1,37463	4,83	0,1152	01-085-0504
68,3357	250,11	0,1200	1,37157	5,29	0,1440	01-085-0504
73,4573	51,53	0,1200	1,28807	1,09	0,1440	01-085-0504
75,6739	91,39	0,1440	1,25575	1,93	0,1728	01-085-0504
77,6786	42,76	0,1200	1,22828	0,90	0,1440	01-085-0504
79,9056	106,65	0,0720	1,19955	2,26	0,0864	01-085-0504
81,1866	53,54	0,1440	1,18383	1,13	0,1728	01-085-0504
81,4741	113,52	0,1200	1,18037	2,40	0,1440	01-085-0504
83,8417	56,25	0,1440	1,15296	1,19	0,1728	01-085-0504

Di gambar 5 diatas terlihat terdapat puncak tertinggi, dengan penjelasan sesuai tabel 3 yaitu sudut  $2\theta = 26,667$  merupakan difraksi pada intensitas tertinggi dengan tinggi 4727,20 cts dan bidang difraksi sebesar 3,34Å. Terdapat juga puncak tertinggi kedua yang ditunjukkan gambar 5 dan dijelaskan kembali pada tabel 3 bahwa sudut  $2\theta = 20,89$  dengan tinggi 789,5 cts dan bidang difraksi sebesar 4,25 Å. Hasil ini jika dapat dijelaskan dengan penelitian [2] bahwa fase kuarsa dapat ditunjukkan pada bidang difraksi 3,34 Å dan 4,26 Å. Selain itu menurut [3] posisi sudut yang menghasilkan intensitas maksimum dan teridentifikasi sebagai fase kuarsa ialah pada posisi  $2\theta = 26,61$ . Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa sampel pasir “Cerasil 325” mesh tersebut teridentifikasi merupakan fase kuarsa.

### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai variasi diameter terhadap tegangan dan arus keluaran pada

piezoelektrik berbahan kuarsa dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Kesimpulan yang didapat ialah bahwa benar “Cerasil 325” sesuai teori merupakan fase kuarsa dan diperkuat kembali oleh hasil pengujian X-Ray Diffraction bahwa hasil puncak tertinggi memiliki sudut  $2\theta = 26,667$  dengan tinggi 4727,20 cts dan puncak tertinggi kedua memiliki bidang difraksi sebesar 3,34Å sudut  $2\theta = 20,89$  dengan tinggi 789,5 cts dan bidang difraksi sebesar 4,25 Å. Hal ini juga diperkuat oleh penelitian dari Florke et al dan Asmuni et al.
2. Pada pengujian tegangan listrik yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil rata-rata tertinggi dihasilkan oleh piezoelektrik dengan diameter paling besar yaitu 3,45 cm, tertinggi kedua oleh diameter 2,875 cm dan tertinggi ketiga dihasilkan oleh diameter terkecil yaitu 2,3 cm.
3. Hasil dari arus listrik yang dihasilkan ketiga piezoelektrik kesimpulannya adalah rata-rata arus listrik piezoelektrik dengan diameter yang lebih besar akan lebih tinggi atau lebih besar dari rata-rata keluaran arus listrik piezoelektrik yang berdiameter lebih kecil.

### Daftar Pustaka

- [1] Hananto F.S., Santoso D.R., Julius, 2011, *Application Of Piezoelectric Material Film PVDF (Polyvinylidene Flouride) As Liquid Viscosity Sensor*, Jurnal Neutrino Vol 3, No. 2, 129-142
- [2] Florke, O.W., Schneider, H., *Intergrowth Relationship Between the SiO2- Polymorph Quartz, Cristobalite, and Trydimite in SiO2 Rich Ceramic Material*, Ber. Dtsch. Keram. Ges. 63, 368-372
- [3] Munasir, Triwikantoro, Zainuri, M., Darminto, 2013, *Ekstaksi dan Sintesis Nanosilika Berbasis Pasir Bacar dengan Metode Basah*, Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA), 3(2), 12-17



**Ida Bagus Dyota Aruna Bhayu** menyelesaikan studi S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana pada tahun 2020.

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan energi alternatif dan konversi energi.