

Uji Eksperimen Prototipe Kuarsa Piezoelektrik Dengan Variasi Ketebalan Penampang Terhadap Keluaran Arus Dan Tegangan

Made Prasta Yudist, I Gusti Ngurah Nitya Santhiarsa dan Ni Made Dwidiani
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Piezoelektrik merupakan salah satu energi alternatif ramah lingkungan yang mana juga bersifat *harvesting energy* yaitu alat yang mampu untuk memanen energi dengan menggunakan efek piezoelektrik. Efek Piezoelektrik didefinisikan sebagai kemampuan suatu bahan tertentu untuk menghasilkan listrik saat menerima tekanan. Di alam sendiri dapat ditemukan bahan yang bisa dijadikan piezoelektrik diantaranya; kuarsa (Quartz, SiO_2), turmalin, berlinite dan garam rossel. CeraSil 325 mesh merupakan produk olahan kuarsa yang digunakan dalam penelitian ini untuk pembuatan piezoelektrik. Dilakukan pengujian difraksi sinar-X menggunakan PANalytical tipe X'Pert Pro dengan intensitas maksimum 100% pada $2\theta = 26.667$ dengan bidang difraksi $3,34\text{\AA}$. membuktikan fasa kuarsa. Kuarsa dicetak tekan menjadi kepingan dengan diameter 2.85 cm dan variasi tebal 3 mm, 4 mm dan 5 mm kemudian dioven dengan suhu 1200°C . Keping piezoelektrik kemudian dirangkai secara parallel kemudian diuji keluaran arus dan tegangan menggunakan multimeter merk "KRISBOW" 10106731 dan osiloskop merk "KRISBOW" KW0600743 dengan hasil terbaik dimiliki oleh piezoelektrik dengan tebal 5 mm dimana keluaran arus sebesar $1.511111\mu\text{A}$ dan rata-rata tegangan sebesar 1.447778 v.

Kata kunci: *Harvesting energy, piezoelektrik, kuarsa, tegangan, arus.*

Abstract

Piezoelectric is an environmentally friendly alternative energy which is also a *harvesting energy* that is a tool that is able to harvest energy using the piezoelectric effect. The piezoelectric effect is defined as the ability of a particular material to produce electricity when it receives pressure. In nature alone can be found materials that can be used as piezoelectric; quartz (Quartz, SiO_2), tourmaline, berlinite and rossel salt. CeraSil 325 mesh is a quartz processed product used in this study for the manufacture of piezoelectric. X-ray diffraction testing was carried out using PANalytical type X'Pert Pro with a maximum intensity of 100% at $2\theta = 26.667$ with a diffraction plane of 3.34\AA . prove the quartz phase. The quartz press was cut into pieces with a diameter of 2.85 cm and variations in thickness of 3 mm, 4 mm and 5 mm were then woven with a temperature of 1200°C . The piezoelectric pieces are then arranged in parallel and then tested the current and voltage output using the "KRISBOW" 10106731 multimeter and the "KRISBOW" KW0600743 brand oscilloscope with the best results owned by the 5 mm thick piezoelectric where the current output is $1.511111\mu\text{A}$ and the average voltage is 1.447778 v.

Kata kunci: *Harvesting energy, piezoelektrik, quartz, voltage, electric current.*

1. Pendahuluan

Bidang pemanenan daya telah mengalami pertumbuhan yang signifikan selama beberapa tahun terakhir. Bidang ini merupakan sistem yang digunakan untuk mendapatkan energi yang dilakukan dengan cara memanen dari suatu sumber energi untuk menghasilkan energi lain. Pemanen energi merupakan sebuah perangkat atau sistem yang mengubah suatu bentuk energi menjadi bentuk lainnya, dimana dalam hal ini energi yang diubah adalah energi mekanis yang dikumpulkan hingga mencapai nilai tertentu kemudian dikonversi menjadi energi listrik.

Piezoelektrik adalah alat pemanen energi yang bersumber dari getaran atau tekanan dan diubah menjadi tegangan dan arus listrik. Bahan piezoelektrik adalah suatu bahan yang apabila menerima tekanan akan menghasilkan medan listrik dan sebaliknya apabila medan listrik diterapkan pada bahan piezoelektrik akan mengalami deformasi mekanik (perubahan dimensi bahan). Terdapat beberapa material yang berasal dari alam yang memiliki kemampuan piezoelektrik ini

misalnya; kuarsa (SiO_2), turmalin, *berlinite*, dan *rossel salt*.

Kuarsa atau yang lebih dikenal sebagai pasir putih oleh masyarakat luas banyak terdapat di Indonesia. Salah satu daerah yang memiliki potensi pasir kuarsa sangat melimpah adalah Sumatra yang tersebar di di berbagai daerah di setiap Provinsi di Pulau Sumatra terutama di Bangka Belitung.

Penelitian kali ini mencoba mengembangkan bidang pemanenan energi dengan memanfaatkan sumber daya alam yang dimiliki Indonesia yakni mengembangkan piezoelektrik yang berbahan dasar pasir kuarsa. Piezoelektrik yang coba dikembangkan adalah piezoelektrik yang divariasikan ketebalan penampangnya sehingga dimensi dan volumenya berubah lalu diuji keluaran arus dan tegangan yang dihasilkan untuk mengetahui perbandingan keluaran arus dan tegangan dengan ketebalan piezoelektrik. Penelitian kali ini memiliki batasan-batasan yang telah ditetapkan yang mana mencakupi hal-hal berikut

- 1) Piezoelektrik khusus menggunakan kuarsa dengan ukuran 325 mesh

- 2) Rangkaian pizoelektrik yang digunakan adalah rangkaian parallel
- 3) Piezoelektrik menggunakan pembebanan statis
- 4) Pengujian XRD membahas sebatas pembuktian bahan yang digunakan dalam pembuatan piezoelektrik berupa fasa kuarsa.

2. Dasar Teori

2.1 Piezoelektrik

Efek piezoelektrik adalah sebuah reaksi yang dimiliki oleh beberapa material tertentu yang memiliki kemampuan untuk mengubah sebuah gaya baik itu berasal dari getaran maupun tekanan menjadi energi listrik akibat adanya muatan-muatan listrik yang terkandung pada bahan piezoelektrik.



Gambar 1. Efek piezoelektrik

Kristal kuarsa adalah salah satu material yang memiliki kemampuan piezoelektrik. Kristal kuarsa pada piezoelektrik ketika mendapat tekanan muatan-muatan positif dan negatif yang terkandung pada kristal tersebut akan bergerak berlawanan arah (umumnya keatas dan kebawah) membentuk kutub positif dan negative sehingga dapat menghasilkan muatan listrik.

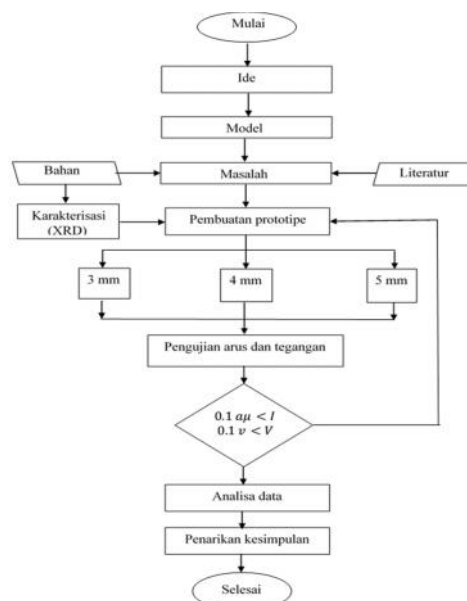
2.2 Kuarsa

Pengertian pasir kuarsa (pada umumnya dijumpai berwarna putih) berbeda pengertiannya dengan pasir putih. Pasir kuarsa terdapat sebagai endapan sedimen. berasal dari rombakan batuan yang mengandung silikon dioksida (kuarsa - SiO_2) seperti granit, riolit, granodiorite. Pasir kuarsa memiliki skala kekerasan sebesar 7 (skala Mohs), berat jenis 2.65 gram/cm^3 , titik lebur 1715°C , dan konduktivitas termal sebesar $12-100^\circ\text{C}$. Indonesia sendiri memiliki banyak sumber tambang pasir kuarsa, umumnya terletak di daerah Sumatra dan Kalimantan. Pasir kuarsa Indonesia secara umum mempunyai kandungan yaitu: SiO_2 sebesar 55.30 hingga 99,87%, Fe_2O_3 sebesar 0,01 hingga 9,14%, TiO_2 sebesar 0,01 hingga 0,4% serta kandungan Al_2O_3 sebesar 0.01 hingga 19%

2.3 CeraSil

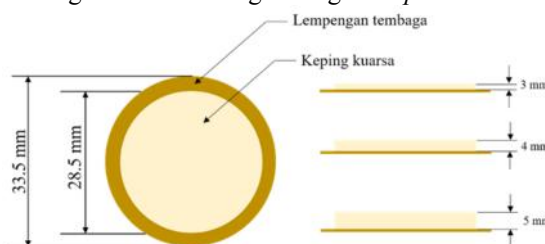
Penelitian kali ini menggunakan pasir kuarsa merk "CeraSil". Pasir CeraSil adalah salah satu produk pasir kuarsa yang diproduksi di Amerika Serikat. Pasir "CeraSil" yang digunakan adalah pasir "CeraSil" yang berukuran 325 mesh atau 44 mikron dengan kandungan kuarsa sebesar 99.61% dan zat-zat pengotor lain seperti Al_2O_3 sebesar 0.22%, Fe_2O_3 sebesar 0.02, dan TiO_2 sebesar 0.01.

3. Metode Penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Penelitian ini menguji keluaran arus dan tegangan piezoelektrik berdasarkan efek piezoelektrik yang dimiliki kuarsa. Proses manufaktur menggunakan bahan "ceraSil" 325 mesh dengan kandungan kuarsa kuarsa 99.61% dan campuran perekat CMC dengan perbandingan komposisi "ceraSil" dengan CMC 1:20. Campuran kuarsa lalu dicetak tekan dengan diameter 28.5 mm dan variasi tebal 3 (tiga) mm, 4 (empat) mm dan 5 (lima) mm. Kuarsa yang telah dicetak kemudian dilakukan proses pemanasan dengan suhu $1100-1200^\circ\text{C}$ selama 6 jam. Kuarsa yang telah menjadi kepingan kemudian dirakit dengan lempengan tembaga dan kabel dengan rangkaian *parallel*.



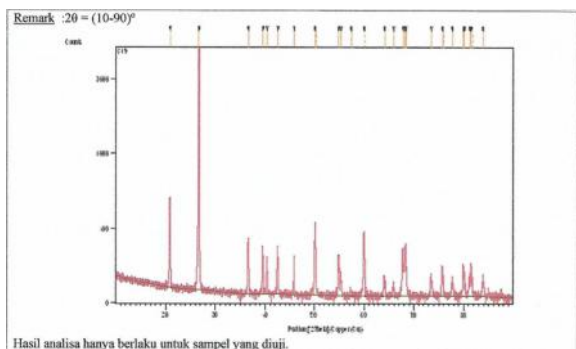
Gambar 3. Variasi tebal piezoelektrik

Kuarsa piezoelektrik kemudian diuji untuk mengetahui keluaran arus dan tegangannya. Pengujian keluaran tegangan menggunakan Osiloskop digital merk "KRISBOW" KW0600743 sedangkan pengujian keluaran arus menggunakan multimeter digital merk "KRISBOW" 10106731.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis XRD

Pengujian XRD menggunakan metode *cooper anoda tube cooper* (Cu) dan gelombang yang digunakan sepanjang 1.54060 \AA



Gambar 4. Hubungan intensitas dengan sudut difraksi

Gambar 4 menunjukkan sebaran difraksi sinar-X disusun dari beberapa gelombang stabil lalu diikuti dengan adanya puncak-puncak pada bagian tertentu yang memiliki ketinggian yang berbeda-beda. Intensitas puncak/peak dalam sumbu y dan sudut difraksi yang terukur dalam sumbu x. Setiap puncak/peak mempunyai tinggi intensitas yang berbeda. Tinggi rendahnya intensitas yang terdeteksi menunjukkan jumlah foton sinar X yang terukur pada setiap perubahan sudut difraksi.

Tabel 1. Hasil uji 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

Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil uji XRD pada setiap sudut difraksi dan intensitas foton sinar X yang terdeteksi, pada intensitas foton tertinggi (100%) yang dapat dilihat yakni pada sudut $2\theta = 26.667$, jarak bidang difraksi yang terukur adalah $3,34\text{\AA}$. Intensitas foton tertinggi (100%) yang dapat dilihat terdapat pada sudut difraksi sebesar $2\theta = 26.7321$ dan dengan jarak bidang difraksi $3,33\text{\AA}$ [1]. Dari hasil yang tersebut disimpulkan bahwa hasil pengujian XRD mengidentifikasi fasa kuarsa. Posisi sudut yang menghasilkan intensitas maksimum dan teridentifikasi sebagai fase kuarsa ialah pada posisi $(2\theta) = 26,30^\circ$ dan indeks Miller 011 (hkl) [2]. Mengacu pada dua penelitian diatas maka dapat disimpulkan dengan demikian sampel pasir "ceraSil" yang digunakan pada penelitian kali ini sebagai material pembuat piezoelektrik teridentifikasi fase kuarsa.

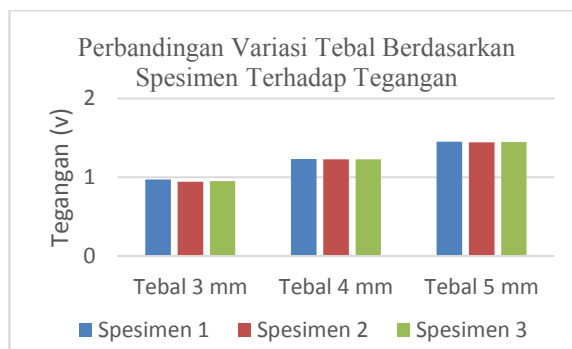
4.2 Uji Tegangan dan Arus

Piezoelektrik dengan masing-masing variasi ketebalan diuji dengan osiloskop untuk mengetahui keluaran tegangannya. Pengukuran dilakukan beberapa saat hingga didapatkan keluaran tegangan yang stabil selama lima detik.

Tabel 2. Hasil rata-rata pengujian tegangan piezoelektrik

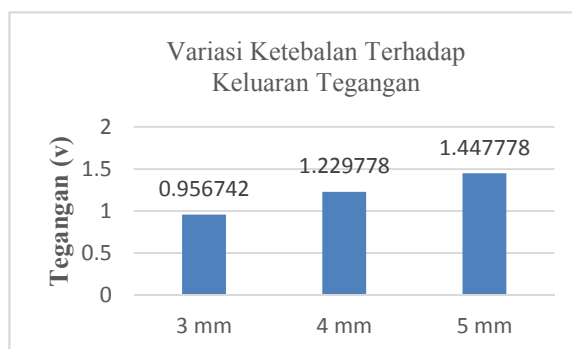
	Tegangan (v)		
	Tebal 3 mm	Tebal 4 mm	Tebal 5 mm
Spesimen 1	0.973447	1.231333	1.454
Spesimen 2	0.944224	1.229333	1.443333
Spesimen 3	0.952556	1.228667	1.446

Tabel 2 memeperlihatkan selisih keluaran tegangan pada piezoelektrik dengan tebal 3 (tiga) mm sebesar 0.029223 v, selisih keluaran tegangan pada piezoelektrik dengan tebal 4 (empat) mm sebesar 0.02666 v, sementara selisih keluaran tegangan pada piezoelektrik dengan tebal 5 (lima) mm sebesar 0.010667 v



Gambar 5. Grafik hasil rata-rata pengujian tegangan piezoelektrik

Gambar 5 menggambarkan perbandingan keluaran tegangan pada masing-masing spesimen dan menunjukkan bahwa tegangan dari masing-masing spesimen stabil dan tidak memiliki perbedaan yang jauh.



Gambar 6. Grafik hubungan ketebalan piezoelektrik dengan keluaran arus

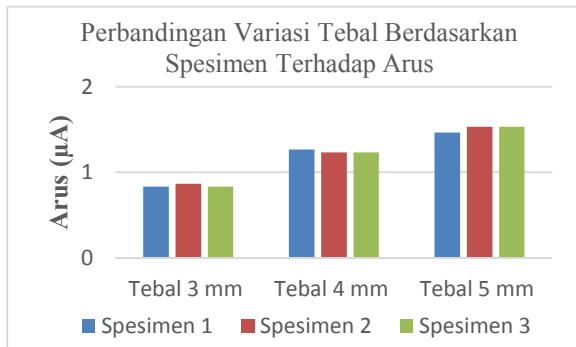
Pada Gambar 6 diatas, grafik diatas terdapat kenaikan keluaran tegangan pada tiap piezoelektrik. Kenaikan tegangan dari ketebalan 3 mm ke 4 mm sebesar $200.846 \mu\text{V}$ atau 33.7% , sedangkan kenaikan

tegangan dari ketebalan 4 mm ke 5 mm sebesar 223.948 μV atau 28.1%. Kenaikkan ini dimungkinkan karena semakin tebal kuarsa piezoelektrik maka semakin banyak kristal kuarsa yang digunakan sehingga saat menerima tekanan semakin banyak kristal kuarsa yang mengalami efek piezoelektrik sehingga keluaran tegangannya semakin tinggi.

Tabel 3. Hasil rata-rata pengujian arus piezoelektrik

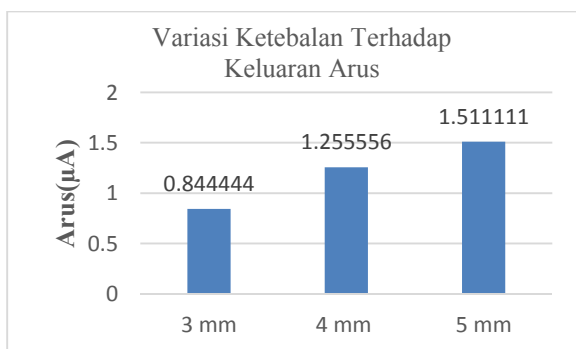
	Arus(μA)		
	Tebal 3 mm	Tebal 4 mm	Tebal 5 mm
Spesimen 1	0.833333	1.266667	1.466667
Spesimen 2	0.866667	1.233333	1.533333
Spesimen 3	0.833333	1.233333	1.533333

Tabel 3 diatas menunjukkan hasil pengujian arus dimana selisih keluaran arus pada ketiga variasi tebal yaitu 3 (tiga) mm, 4 (empat) mm dan 5 (lima) mm piezoelektrik sama yaitu sebesar 0.033333 v



Gambar 7. Grafik hasil rata-rata pengujian arus piezoelektrik

Gambar 7 menunjukkan perbandingan keluaran arus berdasarkan pengulangan pada ketiga variasi ketebalan spesimen memberikan hasil yang stabil



Gambar 8. Grafik hubungan ketebalan piezoelektrik dengan keluaran arus

Gambar 8 menunjukkan hubungan antara ketebalan piezoelektrik dengan keluaran arus, Kenaikan arus dari ketebalan 3 mm ke 4 mm sebesar 0.411112 μA atau 48.7%, sedangkan kenaikan tegangan dari ketebalan 4 mm ke 5 mm sebesar 0.255555 μA atau 20.4 %. Kenaikkan ini

dimungkinkan karena semakin tebal kuarsa piezoelektrik maka semakin banyak kristal kuarsa yang digunakan sehingga saat menerima tekanan semakin banyak kristal kuarsa yang mengalami efek piezoelektrik sehingga keluaran arusnya semakin tinggi

5. Kesimpulan

Dari hasil eksperimen keluaran tegangan dan arus untuk berbagai variasi desain ketebalan penampang pada kuarsa piezoelektrik dapat disimpulkan bahwa;

- 1) Hubungan antara ketebalan piezoelektrik dengan keluaran tegangan berbanding lurus, dimana semakin tebal piezoelektrik maka semakin banyak pula kristal kuarsa yang menerima tekanan sehingga tegangan yang dihasilkan semakin besar. Piezoelektrik dengan tebal 3 mm, 4 mm dan 5 mm masing-masing mengeluarkan tegangan sebesar 0.956742 v, 1.229778 v dan 1.447778 v.
- 2) Hubungan antara ketebalan piezoelektrik dengan keluaran arus berbanding lurus, dimana semakin tebal piezoelektrik maka semakin banyak pula kristal kuarsa yang menerima tekanan sehingga tegangan yang dihasilkan semakin besar. Piezoelektrik dengan tebal 3 mm, 4 mm dan 5 mm masing-masing mengeluarkan tegangan sebesar 0.844444 μA , 1.255556 μA , dan 1.511111 μA

Daftar Pustaka

- [1] Muliawan, A., 2017, *Studi Awal Bahan Dasar Piranti Solar Cell Pada Pasir Sambera Muara Badak Menggunakan Xrf Dan Xrd*, Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro, Vol. 6 No. 2, pp. 117–122.
- [2] Munasir Zainuri M., & Darminto, 2012, *Uji Xrd Dan Xrf Pada Bahan Meneral (Batuan Dan Pasir) Sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO3 DAN SiO2)*, Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA), Vol. 2 No. 1, pp. 20–29.



Made Prasta Yudist telah menyelesaikan studi Strata-1 di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana pada Program Studi Teknik Mesin, pada tahun 2020.

Fokus penelitian yang ditekuni pada penelitian ini menyangkut hal-hal mengenai teknologi material dan listrik.