

## PENGARUH LUAS PERMUKAAN *PIEZOELECTRIC DISK* TERHADAP TEKANAN DAN GETARAN DALAM MENGHASILKAN ENERGI LISTRIK

Yohanes Adi Chandra Wijaya<sup>1\*</sup>, Dermawan Zebua<sup>2</sup>, Demison Papua Kolago<sup>3</sup>  
dan Yoga Alif Kurnia Utama<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,  
Universitas Widya Kartika

Jl. Sutorejo Prima Utara II No. 1, Mulyorejo, Surabaya 60112.

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widya Kartika

Jl. Sutorejo Prima Utara II No. 1, Mulyorejo, Surabaya 60112.

\*Email:demizonkolago@gmail.com

### Abstrak

*Piezoelectric* adalah suatu bahan yang apabila terkena tekanan mekanik akan menghasilkan medan listrik. Bahan *piezoelectric* juga bersifat reversible dimana jika medan listrik diterapkan pada bahan *piezoelectric*, maka pada bahan tersebut terjadi deformasi mekanik. Karena kelebihan material ini, maka bahan *piezoelectric* ini mulai banyak digunakan sebagai bahan untuk membuat sebuah sistem yang dapat melakukan *energy harvesting*. Sistem ini dapat menghasilkan energi listrik dengan menangkap tekanan atau getaran yang datang dari luar. Pada umumnya bahan *piezoelectric* yang ada di pasaran berbentuk lingkaran (*piezoelectric disk*) dengan diameter yang berbeda-beda. Penelitian ini menguji *piezoelectric disk* ini dengan uji tekanan dan uji getaran untuk melihat pengaruh luas permukaan *piezoelectric disk* ini terhadap performanya dalam menghasilkan energi listrik. *Piezoelectric disk* yang digunakan pada penelitian ini memiliki diameter sebesar 12 mm, 15 mm, 20 mm, dan 35 mm. Hasil pengujian didapatkan bahwa *piezoelectric disk* dengan diameter 35 mm menghasilkan rata-rata tegangan listrik paling tinggi. Dari sini dapat disimpulkan bahwa tegangan yang dihasilkan oleh *piezoelectric disk* berbanding lurus dengan luas permukaan *piezoelectric disk* tersebut.

**Kata kunci** : Getaran, Luas Permukaan, *Piezoelectric*, Tekanan.

### 1. PENDAHULUAN

Memasuki abad-21 telah banyak inovasi serta kemajuan dalam bidang teknologi yang menggunakan energi listrik sebagai sumber energinya. Hal ini membuat konsumsi energi listrik mengalami peningkatan yang begitu besar dari tahun ke tahun. Apalagi saat ini dunia industri telah memasuki fase revolusi industri 4.0 dimana semua operator manusia diganti dengan robotika yang terhubung dari jarak jauh ke sistem komputer dan telah dilengkapi dengan algoritma pembelajaran mesin. Padahal robotika dan komputer membutuhkan energi listrik dalam pengoperasiannya. Dari sini dapat dilihat bahwa energi listrik sangat memiliki peran penting bagi kehidupan manusia dalam menjalankan kehidupannya.

Padahal sumber pembangkit listrik yang utama saat ini adalah bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil ini merupakan salah satu sumber energi yang tidak dapat diperbarui (Meilani & Wuryandani, 2010). Sumber energi yang tidak dapat diperbarui merupakan sumber energi yang apabila dipakai secara terus menerus tanpa adanya pembatasan tertentu, akan mengalami penurunan jumlah dan habis seiring berjalannya waktu (Arhamsyah, 2010). Kekurangan ini ditambah dengan produksi dan pemakaian bahan bakar fosil yang dapat memberikan dampak buruk bagi lingkungan. Hal ini dikarenakan bahan bakar fosil merupakan penghasil karbondioksida yang dapat mengakibatkan efek rumah kaca. Karena sifat sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui ini terbatas maka diperlukan suatu energi terbarukan yang dapat mengurangi atau bahkan mengganti bahan bakar fosil sebagai pengganti utama pembangkit listrik (Ang, Goh, Saldivar, & Li, 2017).

Perkembangan energi terbarukan di negara-negara maju telah mengalami peningkatan. Beberapa tahun terakhir ini banyak penelitian mengenai energi terbarukan. Salah satunya adalah penelitian tentang bahan *piezoelectric*. Pada tahun 1880 terdapat salah satu penemuan penting yang dikerjakan oleh Pierre dan Jacques Curie terkait *piezoelectricity effect* (*piezoelectricity*) dimana penemuan tersebut memiliki potensi besar untuk diuji coba kedalam konsep manajemen energi atau *harvesting energy* (Yulia, Putra, Ekawati, & Nugraha, 2016). *Harvesting energy* merupakan cara mengumpulkan atau memanen energi kecil dari suatu sumber dan mengumpulkannya selama

proses pengumpulan energi tersebut dilakukan (Ramli & Irfan, 2017). Sumber energi tersebut dapat diperoleh dari manapun, bisa dari energi getaran maupun energi mekanis dari alam. Energi ini bisa berasal dari energi yang terbuang saat kerja dilakukan oleh suatu sistem khususnya sistem mekanik atau juga bisa berasal dari getaran atau tekanan karena angin atau hujan. Energi ini dapat diubah menjadi energi listrik dengan bantuan bahan *piezoelectric*. Hal ini dikarenakan bahan *piezoelectric* adalah bahan yang akan menghasilkan medan listrik ketika terjadi tekanan atau deformasi mekanik pada bahan tersebut.

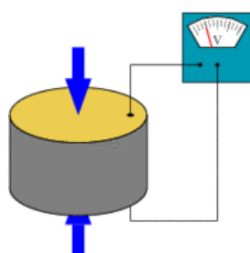
Karena kelebihan material ini, maka bahan *piezoelectric* ini mulai banyak digunakan sebagai bahan untuk membuat sebuah sistem yang dapat melakukan *harvesting energy*. Pada umumnya bahan *piezoelectric* yang ada di pasaran berbentuk lingkaran (*piezoelectric disk*) dengan diameter yang berbeda-beda. Penelitian ini menguji *piezoelectric disk* ini dengan uji tekanan dan uji getaran untuk melihat pengaruh luas permukaan PD ini terhadap performanya dalam menghasilkan energi listrik. Penelitian ini diharapkan dapat membantu para *engineer* dalam memilih *piezoelectric disk* yang tepat untuk pembuatan *harvesting energy system* agar dapat menghasilkan energi listrik yang lebih besar

## 2. METODOLOGI

*Piezoelectric* merupakan sebuah bahan yang memiliki sifat yang unik. Penerapan getaran/tekanan pada kristal *piezoelectric* akan membangkitkan tegangan listrik karena terjadi polarisasi pada muatannya (Hidayatullah, Syukri, & Syukriyadin, 2016). Sifat ini disebut sifat piezoelektrisitas. Sifat piezoelektrisitas ini diperlihatkan pada Gambar 1 di bawah ini.

*Piezoelectric* ini pertama kali ditemukan oleh 2 orang bersaudara dari Perancis yaitu Pierre Curie dan Jacques Curie pada tahun 1880 (Mowaviq, Junaidi, & Purwanto, 2018). *Piezoelectric* ini bersifat reversible, dimana bahan ini selain menghasilkan medan listrik jika dikenai tekanan atau regangan, bahan ini juga dapat menghasilkan getaran mekanis apabila tegangan listrik diaplikasikan pada bahan ini.

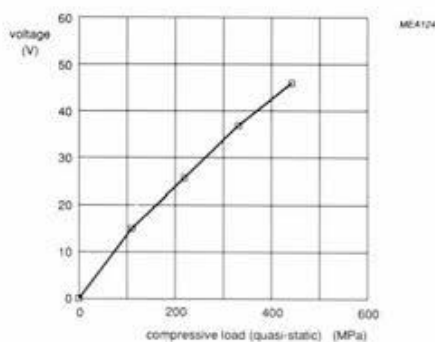
Sifat ini sering digunakan pada komponen yang dapat menghasilkan bunyi atau suara yang dapat didengar oleh telinga manusia dengan menggunakan diafragma atau resonator. Banyak material yang termasuk golongan *piezoelectric* ini baik yang alami maupun yang buatan. Bahan *piezoelectric* alami antara lain sebagai berikut : kuarsa (Quartz, SiO<sub>2</sub>), berlinite, turmalin, garam rossel dan lain sebagainya, sedangkan bahan *piezoelectric* buatan antara lain sebagai berikut : Barium titanate (BaTiO<sub>3</sub>), Lead zirconium titanate (PZT), Lead titanate (PbTiO<sub>3</sub>), dan lain sebagainya.



**Gambar 1. Sifat Piezoelektrisitas**

Piezoelektrisitas adalah suatu kemampuan yang dimiliki sebagian kristal yang dapat menghasilkan arus listrik jika mendapat perlakuan tekanan. Efek piezoelektrisitas dapat dimanfaatkan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Oleh karena itu, bahan piezoelektrik sering digunakan sebagai konverter antara energi mekanik ke energi listrik.

Hubungan antara tekanan mekanis dan tegangan listrik yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.

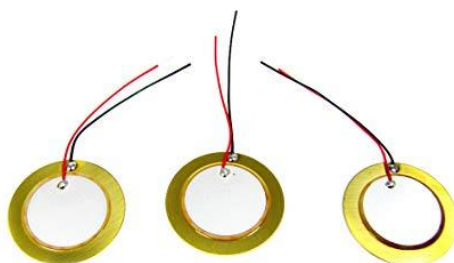


**Gambar 2. Hubungan antara Tegangan dan Tekanan Mekanis**

Dalam penelitian ini, jenis *piezoelectricity* yang digunakan memiliki bentuk bulat dan terbuat dari campuran silikon atau biasa dikenal sebagai *piezoelectric disk* (PD). Alat ini memiliki sensitivitas tinggi terhadap getaran sehingga dapat disebut *direct piezoelectricity* dikarenakan setiap getaran menciptakan arus listrik dalam jumlah kecil yang dapat dilihat melalui pemodelan sinyal impuls. Agar arus listrik tersebut dapat dimanfaatkan maka dibutuhkan suatu sistem *harvesting energy* dengan 3 media utama yaitu konverter, modul pengisi daya (*charging*) dan media penyimpanan.

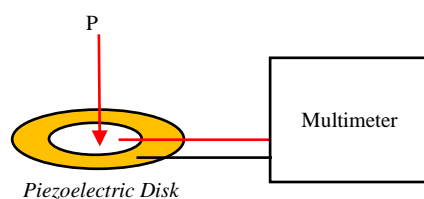
*Buck converter* merupakan modul yang berfungsi mengkonversi suatu tegangan DC menjadi tegangan DC yang lebih rendah yang memiliki tegangan dan arus tertentu. *Buck converter* dibutuhkan untuk menjadikan tegangan masukan yang berupa impuls menjadi suatu tegangan DC yang lebih kontinu (Cahyadi, Andromeda, & Facta, 2017).

PD terbuat dari dua jenis material utama yaitu *polymer* dan keramik dengan beragam kegunaan dalam teknologi elektronika seperti sensor dan aktuator, *sonar detection* hingga *high power ultrasound* (Cahyadi et al., 2017). Bentuk dari PD yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini:



**Gambar 3. Bentuk Fisik *Piezoelectric Disk***

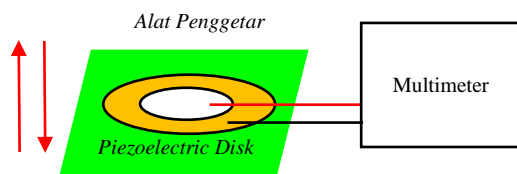
Penelitian ini akan menggunakan PD dengan berbagai macam diameter. Diameter PD yang digunakan adalah 12 mm, 15 mm, 20 mm, dan 35 mm. Keempat luasan tersebut akan mengalami 2 kali pengujian. Proses pertama yaitu uji tekanan. Pengujian tekanan *piezoelectric disk* ini dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



**Gambar 4. Uji Tekan**

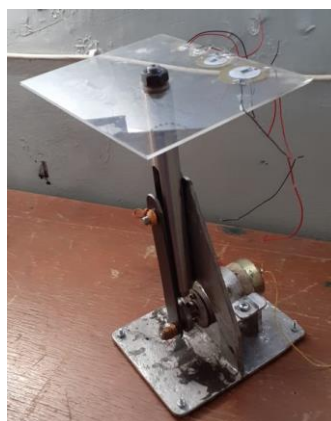
Pengujian ini membutuhkan PD sebagai bahan uji, pemberat untuk memberikan tekanan pada PD dan sebuah multimeter untuk mengukur tegangan listrik yang dihasilkan oleh PD. Pada proses ini PD akan ditekan dengan pemberat sebesar 0.2 kg, 0.4 kg, 0.6 kg, 0.8 kg, dan 1 kg dimana luas penampang tekanan berbentuk lingkaran dengan diameter sebesar 2.3 cm. Selama pengujian ini, tegangan akan diukur menggunakan multimeter. Percobaan ini diulangi sebanyak 4 kali untuk *piezoelectric disk* dengan diameter yang berbeda-beda.

Pengujian kedua adalah pengujian getaran. Pengujian getaran *piezoelectric disk* ini dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.



**Gambar 5. Uji Getaran**

Pengujian ini membutuhkan PD sebagai bahan uji, alat penggetar untuk memberikan getaran pada PD dan sebuah multimeter untuk mengukur tegangan listrik yang dihasilkan oleh PD. Alat penggetar yang dipakai dalam pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6. Alat Penggetar**

Alat penggetar terdiri dari sebuah Motor DC dan sebuah mekanisme untuk mengubah gerakan putaran menjadi gerakan naik turun seperti terlihat pada Gambar 6. Ketika tegangan motor DC diubah-ubah maka frekuensi getarannya semakin lama akan semakin cepat. Pada pengujian ini, Motor DC akan di set dengan tegangan sebesar 8V, 10V, 12V, 14V, dan 16V.

Selama pengujian ini, tegangan akan diukur menggunakan multimeter. Percobaan ini juga diulangi sebanyak 4 kali untuk PD dengan diameter yang berbeda-beda. Dari kedua pengujian ini dapat diketahui hubungan antara luas permukaan PD dengan tegangan yang dihasilkan oleh PD pada kondisi terjadi tekanan dan getaran.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan empat piezoelectric dengan berbagai diameter yaitu 12 mm, 15 mm, 20 mm, dan 35 mm. Pengukuran tegangan listrik dilakukan dengan menggunakan multimeter. Data tegangan yang telah didapat ditabulasi untuk mempermudah analisa data. Hasil pengukuran tegangan listrik pada pengujian pertama yaitu pengujian tekanan dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1. Hasil Uji Tekanan**

No.	Diameter <i>Piezoelectric</i> (mm)	Massa Pemberat (kg)				
		0.2	0.4	0.6	0.8	1
1	12	0.3V	0.44V	0.5V	0.64V	0.7
2	15	0.45V	0.56V	0.57V	0.7V	0.8
3	20	0.6V	0.7V	0.76V	0.78V	0.86
4	35	0.64V	0.72V	0.84V	0.86	0.96

Dari pengujian pertama yaitu uji tekanan terlihat bahwa pada massa pemberat 0.2 kg, PD yang memiliki diameter 12 mm memiliki tegangan sebesar 0.3 V, selanjutnya tegangan ini naik menjadi 0.44 V ketika massa pemberat dinaikkan menjadi 0.4 kg. Tegangan listrik ini akan naik terus menerus menjadi 0.7V seiring dengan penambahan massa pemberat menjadi 1 kg.

Hal ini berlaku pada PD dengan diameter sebesar 15 mm. Tegangan listrik yang dihasilkan ketika massa pemberat sebesar 0.2 kg adalah sebesar 0.45V. Kemudian untuk massa pemberat sebesar 0.4 kg, tegangan yang dihasilkan sebesar 0.56 kg. Tegangan listrik ini naik terus menjadi 0.8V seiring dengan naiknya massa pemberat menjadi 1 kg.

Pada PD dengan diameter sebesar 20 mm, tegangan listrik yang dihasilkan pada massa pemberat 0.2 kg adalah 0.6V dan naik menjadi 0.7V dengan massa pemberat sebesar 0.4kg Tegangan ini naik terus sampai 0.86V ketika massa pemberat menjadi 1 kg.

Kemudian untuk PD dengan diameter sebesar 35 mm, dengan menggunakan massa pemberat 0.2 kg, tegangan listrik yang dihasilkan adalah 0.64V dan naik menjadi 0.72V dengan massa pemberat sebesar 0.4kg Tegangan ini naik terus sampai 0.96V ketika massa pemberat menjadi 1 kg. Dari pengujian ini dapat dilihat bahwa makin luas permukaan *piezoelectric disk* maka makin tinggi tegangan yang dihasilkan ketika diberi tekanan.

Sedangkan hasil pengukuran tegangan listrik pada pengujian kedua yaitu pengujian getaran dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

**Tabel 2. Hasil Uji Getaran**

No.	Diameter <i>Piezoelectric</i> (mm)	Tegangan Motor DC (V)				
		8	9	10	11	12
1	12	0.020V	0.026V	0.045V	0.051	0.056
2	15	0.120V	0.160V	0.168V	0.270	0.291
3	20	0.270V	0.338V	0.370V	0.450	0.500
4	35	0.280V	0.380V	0.400V	0.602	0.620

Pada PD dengan diameter 12 mm, jika tegangan Motor DC 8V maka tegangan yang dihasilkan oleh PD naik sebesar 0.020V. Ketika tegangan Motor DC 9V maka tegangan PD sebesar 0.026V. Tegangan ini naik terus sampai 0.056V pada tegangan Motor DC sebesar 12V.

Sedangkan PD dengan diameter 15 mm menghasilkan tegangan sebesar 0.120V dengan tegangan Motor DC sebesar 8V. Ketika tegangan Motor DC sebesar 9V, tegangan yang dihasilkan PD naik sebesar 0.160V. Tegangan ini naik terus sampai 0.291V pada tegangan Motor DC sebesar 12V.

Kemudian untuk PD dengan diameter 20 mm menghasilkan tegangan sebesar 0.270V dengan tegangan Motor DC sebesar 8V. Jika tegangan Motor DC dinaikkan menjadi 9V, maka tegangan PD naik menjadi 0.338V. Tegangan ini naik kembali menjadi 0.500V pada tegangan Motor DC sebesar 12V.

Lalu pada PD dengan diameter 35 mm menghasilkan tegangan sebesar 0.280V dengan tegangan Motor DC sebesar 8V. Jika tegangan Motor DC dinaikkan menjadi 9V, maka tegangan PD naik menjadi 0.380V. Tegangan ini naik menjadi 0.620V pada tegangan Motor DC sebesar 12V. Dari pengujian ini dapat dilihat bahwa makin luas permukaan PD maka makin tinggi tegangan yang dihasilkan ketika dalam kondisi bergetar

#### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, ada empat jenis PD dengan luasan permukaan yang berbeda yaitu dengan diameter 12 mm, 15 mm, 20 mm, dan 35 mm. Keempat jenis PD ini akan diuji dengan uji tekanan dan uji getaran. Uji tekanan adalah pengujian dimana keempat jenis *piezoelectric disk* akan diberi tekanan dengan memberikan pemberat sebesar 0.2kg, 0.4kg, 0.6kg, 0.8kg dan 1 kg sedangkan uji getaran adalah pengujian dimana keempat jenis PD akan digetarkan dengan alat penggetar khusus yang memanfaatkan Motor DC dimana putaran Motor DC diubah menjadi gerakan naik turun. Tegangan Motor DC ini akan divariasikan mulai dari tegangan 8V, 9V, 10V, 11V, 12V.

Dari 2 pengujian tersebut didapat bahwa PD yang menghasilkan tegangan listrik paling tinggi adalah PD yang memiliki luas permukaan dengan diameter sebesar 35mm. Dari sini dapat disimpulkan bahwa tegangan yang dihasilkan oleh PD berbanding lurus dengan luas permukaan PD tersebut

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama penulis ucapkan syukur kepada Tuhan YME karena dengan berkat dan rahmatnya, penulis dapat menyelesaikan penelitian ini yang berjudul “Pengaruh Luas Permukaan *Piezoelectric Disk* Terhadap Tekanan dan Getaran dalam Menghasilkan Energi Listrik”. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan dana untuk penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Universitas Widya Kartika yang telah memberikan sarana dan prasarana yang telah menunjang penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ang, J. H., Goh, C., Saldivar, A. A. F., & Li, Y. (2017). Energy-Efficient Through-Life Smart Design, Manufacturing and Operation of Ships in an Industry 4.0 Environment. *Energies*, 10(61), 1–13. <https://doi.org/10.3390/en10050610>
- Arhamsyah. (2010). Pemanfaatan Biomassa Kayu sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 2(1), 42–48.
- Cahyadi, L. W., Andromeda, T., & Facta, M. (2017). Kinerja Konverter Arus Searah Tipe Buck Converter Dengan Umpan Balik Tegangan Berbasis TL494. *Transient*, 6(1), 1–7.
- Hidayatullah, W., Syukri, M., & Syukriyadin. (2016). Perancangan Prototype Penghasil Energi Listrik. *KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro*, 1(3), 63–67.
- Meilani, H., & Wuryandani, D. (2010). Potensi Panas Bumi sebagai Energi Alternatif Pengganti Bahan Bakar Fosil untuk Pembangkit Tenaga Listrik di Indonesia. *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik*, 1(1), 47–74.
- Mowaviq, M. I., Junaidi, A., & Purwanto, S. (2018). Lantai Pemanen Energi Listrik Menggunakan Piezoelektrik. *Jurnal Energi & Kelistrikan*, 10(2), 112–118.
- Ramli, M. I., & Irfan. (2017). Perancangan Sound Energy Harvesting Berbasis Material Material Piezoelektrik untuk Memanfaatkan Kebisingan di Sepanjang Ruas Pantai Losari Menuju Losari sebagai Ruang Publik Hemat Energi. *Hasanuddin Student Journal*, 1(1), 66–72.
- Yulia, E., Putra, E. P., Ekawati, E., & Nugraha. (2016). Polisi Tidur Piezoelektrik Sebagai Pembangkit Listrik dengan Memanfaatkan Energi Mekanik Kendaraan Bermotor. *J.Oto.Ktrl.Inst*, 8(1), 105–113.