



Miniatur Jembatan Penyebrangan Menggunakan Sensor Piezoelektrik sebagai Penghasil Listrik

Trido Hardani Putra^{*1}, Mohammad Fatkhurrokhman², Ilham Akbar Darmawan³

^{1,2,3}Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

E-mail: tridohardaniputra@gmail.com, ilham.ad@untirta.ac.id, fatkhur0404@untirta.ac.id

Article Info	Abstract
Article History Received: 2023-03-12 Revised: 2023-04-10 Published: 2023-05-01	This study aims to determine the stages in making a miniature bridge using a piezoelectric sensor as a generator of electricity and to measure the electric voltage generated due to the influence of gravity from varying mass loading on the piezoelectric on a miniature crossing bridge that has been made. The method for making miniature crossing bridges uses piezoelectric sensors as a whole electricity generator through 4 stages: (1) literature study, (2) tool design, (3) tool testing, (4) data collection and discussion. In this study, data processing was carried out using the Microsoft Excel application and presented in the form of tables and graphs. From the test results, the voltage generated by piezoelectrics arranged in series is greater than piezoelectrics arranged in parallel. The highest generated voltage of 75.5 mV with a gravity of 49 N is given when the piezoelectrics are arranged in series, whereas when the piezoelectric materials are arranged in parallel the highest voltage reaches 5.06 mV with a given gravity of 49 N.
Keywords: <i>Miniatur;</i> <i>Piezoelektrik;</i> <i>PZT;</i> <i>Voltage.</i>	
Artikel Info	Abstrak
Sejarah Artikel Diterima: 2023-03-12 Direvisi: 2023-04-10 Dipublikasi: 2023-05-01	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tahapan dalam pembuatan miniatur jembatan menggunakan sensor piezoelektrik sebagai penghasil listrik serta mengukur tegangan listrik yang dihasilkan akibat pengaruh gaya berat dari pembebanan massa yang bervariasi terhadap piezoelektrik pada sebuah miniatur jembatan penyebrangan yang telah dibuat. Metode pembuatan miniatur jembatan penyebrangan menggunakan sensor piezoelektrik sebagai penghasil listrik secara keseluruhan melalui 4 tahapan: (1) studi literatur, (2) perancangan alat, (3) pengujian alat, (4) pengumpulan data dan pembahasan. Pada penelitian ini pengolahan data dilakukan dengan menggunakan aplikasi <i>Microsoft Excel</i> dan disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik. Dari hasil pengujian, tegangan yang dihasilkan piezoelektrik disusun seri lebih besar dari pada piezoelektrik yang disusun secara paralel. Tegangan yang dihasilkan tertinggi sebesar 75,5 mV dengan gaya berat 49 N diberikan pada saat piezoelektrik disusun seri, sedangkan pada saat material piezoelektrik disusun secara paralel tegangan paling tinggi mencapai 5,06 mV dengan gaya berat yang diberikan sebesar 49 N.
Kata kunci: <i>Miniatur;</i> <i>Piezoelektrik;</i> <i>PZT;</i> <i>Tegangan Listrik.</i>	

I. PENDAHULUAN

Pada tahun 2017, konsumsi listrik di Indonesia mencapai 226 TWh. Sedangkan, produksi listrik nasional masih rendah dengan pertumbuhan rata-rata sebesar 6% per tahun (BPPT Indonesia, 2019). Pertumbuhan produksi listrik yang rendah ini berbanding terbalik dengan pertumbuhan penduduk nasional. Pada tahun 2018, Indonesia memiliki jumlah penduduk terbesar ke-4 di dunia dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,33% per tahun (Statistik, 2019). Seiring meningkatnya pertumbuhan penduduk di Indonesia tentunya, kebutuhan energi listrik nasional akan semakin meningkat.

Berdasarkan data (RUPTL, 2019) menunjukkan penyediaan listrik hingga Oktober 2018 masih didominasi oleh penggunaan batubara sebesar 59,6%. Penggunaan bahan bakar fosil lain,

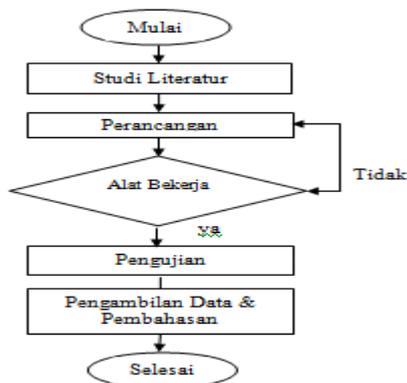
seperti BBM dan bahan bakar gas masing-masing adalah 5,8% dan 22,5%. Adapun sisanya sebesar 12,1% berasal dari energi baru dan terbarukan (EBT). Penggunaan batubara sebagai bahan bakar pembangkit listrik yang tinggi tersebut merupakan sumber dari polusi emisi gas rumah kaca saat ini. Disisi lain, penggunaan batubara secara terus-menerus akan menyebabkan ketersediaan bahan bakar fosil semakin menipis dan habis.

Penelitian ini didasari atas permasalahan keterbatasan penggunaan energi fosil. Pemanfaatan material piezoelektrik sebagai alternatif pembangkit listrik. Dalam mengkonversi suatu energi menjadi bentuk energi lain tersebut diperlukan suatu alat yaitu transduser. Menurut (Stallo, 2016) menyatakan bahwa transduser merupakan suatu alat untuk mengubah gaya atau perpindahan mekanis menjadi sinyal listrik.

Piezoelektrik disini adalah salah satu jenis transduser dengan prinsip kerja pembangkitan listrik dari bahan kristal piezo akibat gaya dari luar (Krisdianto, 2010).

II. METODE PENELITIAN

Objek penelitian pada skripsi ini yaitu lingkungan Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan miniatur jembatan menggunakan piezoelektrik sebagai penghasil listrik serta mengukur tegangan listrik yang dihasilkan akibat pengaruh pembebanan gaya berat yang bervariasi terhadap piezoelektrik pada sebuah miniatur jembatan penyebrangan yang telah dibuat. Pada penelitian ini membahas tentang potensi material piezoelektrik sebagai pembangkit listrik dengan menggunakan prinsip efek piezoelektrik. Sehingga dalam penelitian ini hanya untuk mengetahui output keluaran tegangan yang dihasilkan dari pembebanan gaya berat yang bervariasi terhadap piezoelektrik pada sebuah miniatur jembatan penyebrangan. Pada penelitian ini menggunakan objek 10 material piezoelektrik. Pada penelitian ini dilakukan dua pengukuran yaitu pengukuran saat piezoelektrik dirangkai secara paralel, dan pengukuran saat piezoelektrik dirangkai secara seri. Dilakukan tiga kali percobaan agar dapat diketahui tegangan rata-ratanya. Pengukuran menggunakan multimeter digital. Selanjutnya, pengolahan data dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* dan disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan instrumen berupa komponen untuk mendukung perencanaan alat pada penelitian. Komponen tersebut antara lain Piezoelektrik, multimeter digital, laptop, kamera, dan timbangan digital.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan miniatur jembatan penyebrangan menggunakan piezoelektrik sebagai penghasil listrik terbagi atas empat tahapan yaitu tahapan yang kesatu adalah tahapan studi literatur, tahapan kedua yakni tahapan perancangan alat, tahapan ketiga yaitu tahapan pengujian alat, dan tahapan terakhir adalah pengambilan data. Tahap satu yaitu studi literatur dilakukan kegiatan seperti pencarian informasi dengan studi pustaka pada beberapa literatur seperti, jurnal ilmiah, dan buku yang berhubungan dengan komponen piezoelektrik sebagai penghasil listrik. Tahap kedua yaitu proses perancangan alat yang terdiri atas perancangan perangkat keras dan perancangan mekanik. Tahapan ketiga yaitu pengujian alat dengan diberikan gaya berat dari pembebanan massa yang bervariasi pada piezoelektrik yang dirangkai secara seri dan paralel. Tahapan terakhir yaitu pengambilan data untuk nantinya diolah menggunakan *Microsoft Excel* sebelum dapat disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik.

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari informasi yang berhubungan dengan material piezoelektrik baik buku literatur maupun jurnal terkait dan mempersiapkan komponen-komponen elektronika apa saja yang dibutuhkan untuk menunjang proses penelitian.

a) Mencari Jurnal Relevan

Dalam penelitian ini peneliti melakukan pencarian jurnal penelitian relevan yang dipublikasikan di internet melalui, *search engine*, *Research Gate*, dan *Google Cendekia* dengan kata kunci: *piezoelectric*.

Tabel 1. Tracking Pencarian Literatur

Tanggal pencarian	Sumber	Tahun pencarian	Kata kunci	Jumlah literatur yang ditemukan
Maret – April 2022	Jurnal artikel ilmiah	2011-2021	*Piezoelektrik *Jembatan	21
Maret – April 2022	Buku atau ebook	1995 – 2020	*Piezoelektrik *Jembatan	7
Maret – April 2022	Artikel pemerintahan	2019	*Energi Listrik *Penduduk	3

Dalam studi literatur penelitian ini bertujuan untuk mempersiapkan apa saja yang dibutuhkan sebelum penelitian

dimulai. Salah satu cara pengumpulan data penulis lakukan yaitu dengan menggunakan data berasal dari hasil-hasil penelitian yang sudah dilakukan dan diterbitkan. Dalam melakukan penelitian ini peneliti melakukan pencarian jurnal penelitian yang dipublikasikan di internet menggunakan *search engine*, *Research Gate*, dan Google Cendikia dengan kata kunci: *piezoelektrik*, jembatan.

Proses pengumpulan data dilakukan dengan penyaringan berdasarkan kriteria yang ditentukan oleh penulis dari setiap jurnal yang diambil. Adapun kriteria pengumpulan jurnal sebagai berikut: (1) Pengumpulan data menggunakan situs jurnal yang sudah terakreditasi seperti *search engine*, *Research Gate*, dan Google Cendikia. (2) Tahun sumber literature yang diambil mulai tahun 2011 sampai dengan 2021, kesesuaian *keyword* penulisan, keterkaitan hasil penulisan dan pembahasan. (3) Menggunakan pencarian berdasarkan *full text*. Penelitian Almada (2016) juga penelitian M. Iqbal (2017) kedua penelitian itu menyinggung banyak tentang piezoelektrik. M. Iqbal (2017) menyatakan pada saat piezoelektrik diberi tekanan langsung lebih efisien dibandingkan hanya dengan memanfaatkan kebisingan yang ada di Pantai Losari. Hal ini didukung pernyataan dari Almada (2016) mengemukakan piezoelektrik merupakan bahan yang dapat menghasilkan energi listrik berdasarkan pengaruh tekanan yang diberikan. Penelitian mereka juga diperkuat hasil penelitian Almada (2018) pada saat piezoelektrik disusun seri menghasilkan tegangan sebesar 2.0 DC V pada tekanan rendah, 2.10 DC V pada tekanan normal, dan 2.34 DC V pada tekanan tinggi. Sedangkan hasil penelitian M. Iqbal (2017) hasil penelitian tersebut menghasilkan tegangan pada saat piezoelektrik tidak dirangkai seri adalah sekitar 0,7 V, sedangkan pada saat dirangkai seri tegangan yang dihasilkan mencapai 1,9 V. Kedua penelitian ini juga sangat berhubungan dengan penelitian penulis karena membahas tentang material maupun karakteristik yang dimiliki piezoelektrik yang digunakan pada penelitian ini.

Jurnal penelitian lain menyinggung mengenai piezoelektrik adalah jurnal Margoleno (2018) mengatakan tegangan listrik yang dihasilkan piezoelektrik pada

setiap pengukurannya disebabkan oleh tekanan mekanik yang diterima. Pada penelitian Almada (2016) serta M. Iqbal (2017) dan Margoleno (2018), ketiganya tidak melakukan pengukuran pada piezoelektrik dengan menggunakan tekanan mekanik melainkan pada penelitian Almada (2016) menggunakan piezoelektrik dengan perlakuan memanfaatkan tekanan air hujan dengan disumulasikan tekanan air menggunakan selang air pada piezoelektrik. Lalu pada penelitian M. Iqbal menggunakan piezoelektrik dengan diberi perlakuan sumber bunyi kebisingan di Pantai Losari. Sedangkan penelitian Margoleno (2018) menggunakan piezoelektrik dengan diberi perlakuan tenaga getar dari kincir pemukul.

b) Mempersiapkan Komponen

Setelah tahapan mencari jurnal relevan selesai, tahapan berikutnya yaitu mempersiapkan komponen-komponen apa saja yang diperlukan dalam menunjang proses penelitian, pada penelitian ini peneliti dalam pencarian dengan melakukan pembelian piezoelektrik melalui situs belanja *online* yang tersedia, dikarenakan sebelumnya peneliti mencari piezoelektrik tidak ada yang dijual secara langsung di toko elektronik atau listrik, melainkan tersedia via *marketplace*. Adapun untuk beberapa komponen lainnya penulis dapat membelinya langsung ke Toko Listrik atau Elektronik terdekat.

2. Perancangan Alat

Pada tahap perancangan alat ini terbagi menjadi perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, dan perancangan mekanik.

a) Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

1) Piezoelektrik



Gambar 2. Piezoelektrik dirangkai paralel

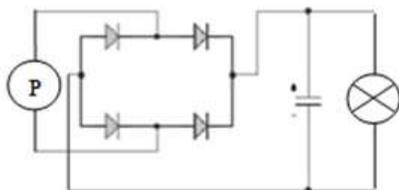


Gambar 3. Piezoelektrik dirangkai seri

Proses perakitan dan pembuatan awal yaitu perangkaian material piezoelektrik dan juga komponen-komponen elektronika lainnya. Pada penelitian ini sebanyak 10 (sepuluh) Piezoelektrik disusun satu dengan yang lainnya agar dapat dimanfaatkan sebagai sumber penghasil listrik yang akan menghasilkan tegangan yang diperlukan. Ada 2 (dua) cara penyusunan yaitu secara seri dan paralel.

2) Rangkaian Penyearah

Penambahan komponen rangkaian penyearah setelah rangkaian piezoelektrik berfungsi sebagai penyearah gelombang AC dari piezoelektrik menjadi sinyal tegangan DC. Berdasarkan kajian teori atau penelitian sebelumnya, Ratih (2020) piezoelektrik menghasilkan gelombang AC, maka dibutuhkan penyearah untuk mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC.



Gambar 4. Gambar rangkaian

b) Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik pada penelitian ini yaitu dengan terlebih dahulu membuat desain jembatan penyebrangan yang akan digunakan untuk tempat penyimpanan piezoelektrik. Perancangan model jembatan ini menggunakan aplikasi *Sketch Up Pro 2019*.



Gambar 5. Desain awal miniatur jembatan

Setelah proses pembentukan miniatur jembatan selesai. Tahapan berikutnya masuk ke tahapan pengecatan. Tahapan Pengecatan dilakukan untuk mencegah rayap pada kerangka kayu dan menambah estetika sehingga terlihat seperti menyempurnakan sebuah jembatan pada umumnya.



Gambar 6. Dimensi miniatur jembatan

Setelah proses pengecatan kering dan pemasangan piezoelektrik. Maka, proses perancangan mekanik miniature jembatan berbahan kayu dengan dimensi panjang sebesar 58,5 cm, lebar sebesar 21 cm, dan tinggi sebesar 30,5 cm telah selesai untuk selanjutnya akan dilakukan tahapan pengujian.

3. Pengujian

Tujuan pengujian pada tugas akhir miniatur jembatan penyebrangan menggunakan sensor piezoelektrik sebagai penghasil listrik ini adalah untuk dapat mengetahui tegangan keluaran dari pembebanan tekanan energi mekanik yang bervariasi pada piezoelektrik. Ada 2 cara pengujian yaitu dengan piezoelektrik disusun secara seri dan paralel diberi beban berupa beras dengan gaya berat sebesar 4,9 N, 9,8 N, 14,7 N, 19,6 N, 24,5 N, 29,4 N, 34,3 N, 39,2 N, 44,1 N, dan 49 N.

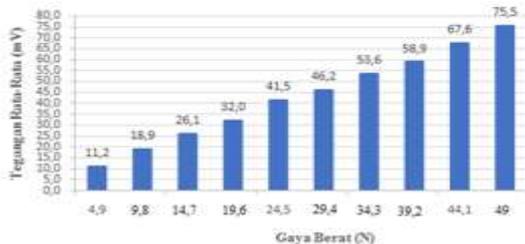
1. Pengujian Tegangan Piezoelektrik Disusun Seri

Tujuan pengujian dan pengambilan data pada miniatur jembatan penyebrangan menggunakan sensor piezoelektrik sebagai penghasil listrik ini adalah untuk dapat mengetahui dan mengukur tegangan dari gaya tekan pembebanan massa yang bervariasi pada piezoelektrik sebagai penghasil listrik yang ditempatkan pada miniatur jembatan penyebrangan yang telah dibuat. Sebanyak 10 (sepuluh) buah piezoelektrik disusun satu dengan yang lain secara seri agar dapat dimanfaatkan sebagai sumber penghasil listrik yang akan menghasilkan tegangan yang diperlukan. Analisa hasil data pengujian yang telah didapatkan

berdasarkan hasil pengukuran menggunakan multimeter digital pada piezoelektrik disusun seri dilakukan 3 (tiga) kali percobaan. Hasil dari ketiga percobaan tersebut didapatkan tegangan rata-ratanya. Tegangan rata-rata untuk tiga percobaan didapatkan dengan cara menjumlahkan ketiga data hasil percobaan, lalu hasil penjumlahan dari ketiga data tersebut dibagi 3. Selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan *Microsoft excel* untuk mengetahui nilai tegangan rata-rata dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Tabel 2. Hasil pengujian tegangan piezoelektrik disusun seri

No	Gaya Berat (N)	Tegangan (mV)			Tegangan Rata-rata (mV)
		P1	P2	P3	
1.	4,9	11,1	11,4	11,1	11,2
2.	9,8	19,1	18,5	19,1	18,9
3.	14,7	26,2	26,0	26,0	26,1
4.	19,6	31,1	32,5	32,4	32,0
5.	24,5	42,8	40,6	41,0	41,5
6.	29,4	46,0	46,4	46,1	46,2
7.	34,3	54,6	52,5	53,6	53,6
8.	39,2	59,1	59,5	58,1	58,9
9.	44,1	67,7	66,5	68,5	67,6
10.	49	75,0	75,1	76,4	75,5



Gambar 7. Grafik hasil pengujian piezoelektrik disusun secara seri

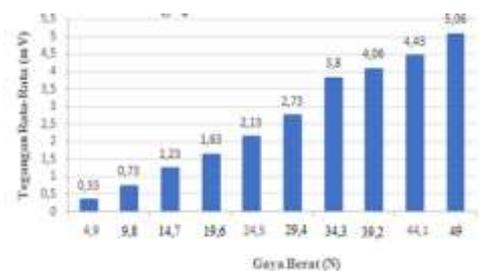
Berdasarkan dari hasil pengujian menggunakan multimeter digital tegangan yang dihasilkan piezoelektrik yang disusun secara seri dari variasi pembebanan gaya berat yang diberikan diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 8 pada saat pengujian, tegangan mengalami peningkatan sesuai dengan gaya berat yang diberikan. Data pada Tabel 2 dan Gambar 8 yang didapat saat pengujian untuk hasil tegangan rata-rata tertinggi yaitu 75,5 mV ketika diberi gaya berat sebesar 49 N sedangkan untuk tegangan rata-rata terendah yaitu 11,2 mV ketika diberi gaya berat sebesar 4,9 N.

2. Pengujian Tegangan Piezoelektrik Disusun Paralel

Tujuan pengujian dan pengambilan data pada miniatur jembatan penyebrangan menggunakan sensor piezoelektrik sebagai penghasil listrik ini adalah untuk mengetahui dan mengukur tegangan dari gaya tekan pembebanan massa yang bervariasi pada piezoelektrik sebagai penghasil listrik yang ditempatkan pada miniatur jembatan penyebrangan yang telah dibuat. Sebanyak 10 (sepuluh) buah piezoelektrik disusun satu dengan yang lain secara seri agar dapat dimanfaatkan sebagai sumber penghasil listrik yang akan menghasilkan tegangan yang diperlukan. Analisa hasil data pengujian yang telah didapatkan berdasarkan hasil pengukuran menggunakan multimeter digital pada piezoelektrik disusun seri dilakukan 3 (tiga) kali percobaan. Hasil dari ketiga percobaan tersebut didapatkan tegangan rata-ratanya. Tegangan rata-rata untuk tiga percobaan didapatkan dengan cara menjumlahkan ketiga data hasil percobaan, lalu hasil penjumlahan dari ketiga data tersebut dibagi 3. Selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan *Microsoft excel* untuk dapat mengetahui nilai tegangan rata-rata dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Tabel 3. Hasil pengujian tegangan piezoelektrik disusun parallel

No	Gaya Berat (N)	Tegangan (mV)			Tegangan Rata-rata (mV)
		P1	P2	P3	
1.	4,9	0,3	0,4	0,3	0,33
2.	9,8	0,9	0,6	0,7	0,73
3.	14,7	1,5	1,1	1,1	1,23
4.	19,6	1,8	1,6	1,5	1,63
5.	24,5	2,0	2,0	2,4	2,13
6.	29,4	2,5	2,5	3,2	2,73
7.	34,3	3,8	3,8	3,8	3,8
8.	39,2	4,2	4,0	4,0	4,06
9.	44,1	4,4	4,4	4,5	4,43
10.	49	4,9	5,3	5,0	5,06



Gambar 8. Grafik hasil pengujian piezoelektrik disusun secara paralel

Berdasarkan dari hasil pengujian menggunakan multimeter digital tegangan yang dihasilkan piezoelektrik yang disusun secara paralel dari variasi pembebanan gaya berat yang diberikan diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 9. Dapat kita lihat hasil tegangan mengalami kenaikan seiring dengan penambahan gaya berat yang diberikan. Data pada Tabel 3 dan Gambar 8 menunjukkan tegangan rata-rata paling besar yang dihasilkan yaitu 5,06 mV ketika diberi gaya berat sebesar 49 N sedangkan untuk tegangan terendah yaitu 0,33 mV ketika diberi gaya berat sebesar 4,9 N. Meskipun data yang didapatkan tergolong tidak besar namun terdapat kenaikan tegangan pada saat penambahan massa suatu benda. Hal ini disebabkan karena pengaruh gaya berat yang diberikan pada piezoelektrik. Semakin kuat pembebanan gaya berat yang diberikan pada piezoelektrik semakin kuat pula tegangan yang dihasilkan.

Tegangan akan terus bertambah seiring makin tinggi gaya berat diberikan terhadap piezoelektrik. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat dianalisa bahwa gaya berat yang diberikan pada piezoelektrik berbanding lurus dengan tegangan yang dikeluarkan. Hal ini sesuai dengan prinsip dari piezoelektrik yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Semakin banyak penambahan gaya berat yang diberikan pada piezoelektrik maka tegangan yang dikeluarkan semakin besar. Berdasarkan kajian teori atau penelitian sebelumnya, efek piezoelektrik ditemukan oleh Jacques dan Pierre Curie bersaudara pada tahun 1880. Mereka menemukan bahwa jika sebuah tegangan mekanik diaplikasikan pada suatu kristal tertentu seperti *tourmaline*, *quartz*, *topaz*, *rochelle salt*, *cane sugar* dan beberapa yang lainnya akan muncul suatu muatan listrik dan tegangan listrik tersebut dengan proporsional tegangan mekanik yang diberikan (Krisdianto, 2011).

Pada penelitian ini, dari hasil pengujian, didapati tegangan yang dihasilkan piezoelektrik disusun seri lebih besar dari pada piezoelektrik yang disusun secara paralel. Dimana, tegangan yang dihasilkan tertinggi sebesar 75,5 mV dengan gaya berat 49 N diberikan pada saat piezoelektrik disusun seri, sedangkan pada saat material piezo-

elektrik disusun secara paralel tegangan paling tinggi mencapai 5,06 mV dengan gaya berat yang diberikan sebesar 49 N. Salah satu faktor yang mempengaruhi besar kecilnya tegangan listrik yang dikeluarkan yakni desain struktur pijakan itu sendiri apabila desain struktur pijakan piezoelektrik itu tidak bagus dirancang, maka tegangan listrik yang dihasilkan piezoelektrik tidak akan maksimal.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Dari hasil penelitian diatas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perancangan miniatur jembatan penyebrangan menggunakan sensor piezoelektrik sebagai penghasil listrik terbagi atas empat tahapan yaitu tahapan yang kesatu tahapan studi literatur, tahapan kedua yaitu tahapan perancangan alat, tahapan ketiga yaitu tahapan pengujian alat, dan tahapan terakhir yaitu pengambilan data. Tahap satu yaitu studi literatur dilakukan kegiatan seperti pencarian informasi dengan studi pustaka pada beberapa literatur seperti, jurnal ilmiah, dan buku yang berhubungan dengan komponen piezoelektrik sebagai penghasil listrik. Tahap kedua yaitu proses perancangan alat yang terdiri atas perancangan perangkat keras dan perancangan mekanik. Tahapan ketiga yaitu pengujian alat dengan diberikan gaya berat dari pembebanan massa yang bervariasi pada piezoelektrik yang disusun secara seri dan paralel. Tahapan terakhir yaitu pengambilan data untuk nantinya diolah menggunakan *Microsoft Excel* sebelum dapat disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik.
2. Pengujian miniatur jembatan penyebrangan menggunakan sensor piezoelektrik sebagai penghasil listrik dilakukan dengan dua cara yaitu pada piezoelektrik yang disusun secara seri dan paralel. Pada penelitian ini pengujian menggunakan variasi gaya berat yang berbeda-beda. Dari hasil pengujian, tegangan yang dihasilkan piezoelektrik disusun seri lebih besar dari pada piezoelektrik yang disusun secara paralel. Dimana, tegangan yang dihasilkan tertinggi sebesar 75,5 mV dengan gaya berat 49 N diberikan pada saat piezoelektrik disusun seri, sedangkan pada saat material piezoelektrik disusun secara

paralel tegangan paling tinggi mencapai 5,06 mV dengan gaya berat yang diberikan sebesar 49 N.

B. Saran

Pembahasan terkait penelitian ini masih sangat terbatas dan membutuhkan banyak masukan yaitu sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya material piezoelektrik perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut sehingga dapat diaplikasikan sebagai penghasil listrik. Walaupun tidak dapat menggantikan listrik dari penggunaan PLTU batubara sebagai sumber listrik utama namun dapat mengurangi penggunaan listrik dari energi batubara harapannya.
2. Hasil dari data yang didapatkan adalah tegangan sesaat yakni merupakan tegangan sementara. Oleh karena itu, diperlukan tempat penyimpanan seperti baterai untuk menyimpan tegangan piezoelektrik tersebut pada penelitian lebih lanjut.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdurrahman, Abu Laila. 2012. Runtuhnya Jembatan Kukar Koreksi Tim Ahli. CV. Surabaya: Garuda Mas.
- Almanda, Deni. 2016. Pengujian Desain Model Piezoelectric PVDF Berdasarkan Variasi Tekanan. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Sains dan Teknologi di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- BPPT Indonesia. 2019. Outlook Energy Indonesia 2019 Dampak Peningkatan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Terhadap Perekonomian Nasional. (I. Fitriana, Anindhita, A. Sugiyono, L. M. A. Wahid, & Adiaso, Eds.). Jakarta: PPIPE.
- Hidayatullah, Wira. 2016. Perancangan Prototype Penghasil Energi Listrik Berbahan Dasar Piezoelektrik. KITEKRO: Jurnal Online Teknik Elektro. Vol. 1 No.3
- Kiran, Boby. 2014. Footstep Power Generation Using Piezoelectric Transducers. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT). Vol. 3 (10).
- Margoleno, Bayu. 2018. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Getar Dengan Memanfaatkan Piezoelectric. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT) di Politeknik Negeri Bengkalis.
- Muda, Imam. 2013. Elektronika Dasar. Malang: Gunung Samudera.
- Nawangwulan. Mengenal Energi Listrik: Definisi Hingga Contohnya. Diakses pada tanggal 18 Desember 2022
<https://assets.promediateknologi.com/crop/0x0:0x0/x/photo/2022/06/23/3012934810.png>
- PT. PLN. 2019. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2019-2028, Jakarta: PT.PLN.
- Ramli. 2017. Perancangan Sound Energy Harvesting Berbasis Material Piezoelektrik Untuk Memanfaatkan Kebisingan di Sepanjang Ruas Pantai Losari Menuju Losari Sebagai Ruang Publik Hemat Energi. Hasanuddin Student Journal. Vol. 1 (1).
- Ratih, Reggya Mayang. 2020. PowerBank Piezoelektrik Menggunakan Tekanan Tangan. Jurnal Emitor. Vol. 20 (1).
- Santoso, Didik. R. 2016. Pengukuran Stress Mekanik Berbasis Sensor Piezoelektrik (Prinsip Desain & Implementasi). Malang: UB Press.
- Setiadi. 2021. Pengujian Kayu Balsa Untuk Struktur Jembatan. JIMTEK Jurnal Ilmiah Mahasiswa Fakultas Teknik. Vol. 2 No. 1.
- Sitorus. 2021. Rancang Bangun Sistem Kontrol Miniatur Jembatan Otomatis Keberadaan Kapal Yang Melebihi Batas Ketinggian Berbasis Arduino Mega. Jurnal Otomasi Vol. 1 No. 1.
- Statistik, B. P. 2010. Statistik Indonesia 2019, Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Suharsimi Arikunto. 2000. Manajemen Penelitian. Jakarta: Rineka Cipta.
- Suryaningsih, S., Hidayat, S. Abid, F. 2016. Rancang Bangun Alat Pemantauan Penggunaan Energi Listrik Rumah Tangga Berbasis Internet. Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016, V, 87-90.
- Struyk. 1984. Jembatan. Soemargono. 1995. PT. Pradnya Paramita: Jakarta, Indonesia.

- Yang, Jiashi. 2005. *An Introduction To The Theory of Piezoelectricity*. Springer Science+Business Media Inc., Boston.
- Yulia, Elfi, dan Putra, Eka Permana. 2016. Polisi Tidur Piezoelectric Sebagai Pembangkit Listrik Memanfaatkan Energi Mekanik Kendaraan Bermotor. *Jurnal Otomasi, Kontrol, & Instrumentasi Insitut Teknologi Bandung*. Vol. 8 (1).
- Triwiyatno, A. (2019). Sistem Pendeteksi Kadar Gas Methana (Ch 4) Berbasis Iot Menggunakan Nodemcu Esp8266 Dan Sensor Gas Mq-5. *Transient*, 8(2).
- Raharjo, B. (2016). *Modul Pemograman Web (HTML,PHP & MySQL/MariaDB) (4th ed.)*. MODULA.
- Rivanda, A. (2015). Pengaruh Paparan Karbon Monoksida Terhadap Daya Konduksi Trakea. *Journal Majority*, 4(8), 153–159.
- Safitri, R. (2018). *Simple Crud Buku Tamu Perpustakaan Berbasis Php Dan Mysql :Langkah-Langkah Pembuatan*. Tibanndaru, 2(2), 40.
- Sahuleka, B., Lim, R., & Santoso, P. (2018). Sistem Data Logging Sederhana Berbasis Internet Of Things untuk Pemantauan Suhu Tubuh dan Detak Jantung. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 29–35.
- Saputra, A., & Dharmawan, A. (2013). Rancang Bangun Quadcopter untuk Pemantauan Kadar Karbon Monoksida di Udara. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 3(1), 11–22.
- Saputra, F., Rahayu, Y., & Safrianti, E. (2015). Pemantauan Kondisi Polusi Udara Secara Real Time di Kawasan Universitas Riau Dengan Menggunakan Wireless Sensor Network Waspote dan Zigbee. *Jom FTEKNIK*, 2(2).