

## Rancang Bangun ALPENLIBE (Alat Pemanen Energi Listrik Berbasis Piezoelektrik) Sebagai Upaya Mewujudkan Energi Terbarukan

Erny Listijorini<sup>1</sup>, Sidik Susilo<sup>1\*</sup>, Akhmad Adhiwindoro<sup>1</sup>, Ilham Febrianto<sup>1</sup>,  
Muhammad Alwi Shihab<sup>1</sup>, Muhammad Ashari Dwiyo<sup>1</sup> & Rafi Rizqi Ananda<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

\*Email: Sidik@untirta.ac.id

### ABSTRACT

Utilizing alternative energy as an effort to use energy needs to be done. One is energy harvesting, which is capturing minute amounts of energy from one or more surrounding energy sources, collecting and storing them for later use. There are examples of uses in harvesting energy from vibrations, which are carried out using piezoelectricity as a converter into electrical energy. A piezoelectric-based electrical energy harvesting device has been designed using a cantilever method from mechanical pressure from humans climbing stairs. This research uses an experimental method where there are variations in the load given by humans of 55 Kg, 65 Kg, and 75 Kg to provide a force on an energy harvester that has four piezoelectric circuits installed, which are installed in series and parallel totaling 38 piezoelectric units. , where the four circuits have a number of piezoelectrics of 10, 8, 10, and 8 piezoelectrics on each side. The resulting voltage will later be rectified using a rectifier bridge until it is temporarily stored in the capacitor. As obtained from the calculation results, the voltage values for each load are 7.762 mV, 11.103 mV, and 17.55 mV, respectively.

**Keywords :** Current, Energy, Permanent, Piezoelectric, Voltage

### PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya teknologi menyebabkan kebutuhan akan energi juga semakin meningkat. Bertambahnya jumlah alat – alat elektronik dengan berbagai tipe maupun modelnya khususnya di Indonesia juga mengakibatkan meningkatnya jumlah konsumsi energi listrik. Sementara itu sumber energi listrik utama berupa pembangkit listrik konvensional yang berasal dari energi fosil dan dialirkan melalui perindustrian, perumahan, perkantoran, sekolah, dan lain – lain dirasa belum mampu memenuhi kebutuhan energi listrik ketika sedang berada di luar area tersebut. Sehingga diperlukan adanya suatu bentuk pembangkit energi alternatif atau energi terbarukan yang mampu untuk menunjang kehidupan manusia yang kian hari makin bersifat konsumtif. Selaras dengan tujuan dari energi terbarukan atau energi alternatif ini yaitu sebagai cadangan energi yang dapat menjangkau area – area yang tidak dapat dijangkau oleh pembangkit energi konvensional, dan juga untuk ke depannya juga dapat menjadi sebagai sumber energi utama. Ada banyak sekali sumber – sumber energi terbarukan ini sebagaimana telah dilakukan oleh para peneliti. Sebagai contoh salah satu penggunaan energi terbarukan yakni “*Energy Harvesting*” [1].

Energi merupakan kemampuan untuk melakukan usaha atau kerja, dimana pengertian usaha merupakan gaya yang bekerja pada suatu benda, yang menyebabkan benda tersebut berpindah posisi/tempat. Seperti yang dinyatakan dalam hukum kekekalan energi yaitu “*energi tidak dapat diciptakan atau tidak dapat dimusnahkan, energi hanya dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk lain*”, energi dapat berubah dari suatu bentuk energi ke bentuk energi lain. Dalam sistem Internasional (SI) satuan energi adalah Joule (J) sedangkan satuan lainnya yaitu kalori, erg, dan kWh (*kilo watt hours*). Berkaitan dengan piezoelektrik, terjadi peristiwa perubahan bentuk energi mekanik menjadi energi listrik [2].

*Energy Harvesting* atau Pemanen Energi didefinisikan sebagai menangkap jumlah energi dari satu atau lebih sumber energi di sekitarnya, mengumpulkan mereka dan menyimpannya untuk digunakan nanti [3]. Salah satu bentuk pemanen energi yang aktif dilakukan adalah dengan memanfaatkan energi yang terbuang dari suatu getaran. Salah satu metode untuk mengkonversi energi getaran menjadi energi listrik paling banyak dan sering yakni menggunakan piezoelektrik.

Namun demikian, permasalahan efisiensi dan daya yang relatif kecil menjadi tantangan dalam membangun pemanen energi berbasis piezoelektrik.

*Piezoelectric* berasal dari bahasa Yunani, yaitu *piezo* yang berarti tekanan dan *electric* yang berarti listrik. Material Piezoelectric pertama kali ditemukan pada tahun 1880 oleh Jacques dan Pierre Curie. Jacques dan Pierre Curie mengombinasikan pengetahuan akan piroelektrisitas (kemampuan bahan-bahan tertentu untuk menghasilkan sebuah potensial listrik saat bahan-bahan itu dipanaskan atau didinginkan) dengan pemahaman akan struktur dan perilaku sebuah kristal pada kristal turmalin, kuarsa, dan garam rossel. Dari uji coba tersebut diketahui bahwa kristal kuarsa dan garam rossel memperlihatkan kemampuan piezoelektrisitas paling besar saat itu. Bahan piezoelektrik adalah suatu bahan yang apabila diberikan tekanan mekanik akan menghasilkan medan listrik, sebaliknya apabila medan listrik diterapkan pada bahan piezoelectric akan terjadi deformasi mekanik. Sifat yang reversibel ini membuat material piezoelectric dapat berfungsi sebagai transduser dan aktuator.[4]

Konstruksi kantilever merupakan suatu konstruksi yang salah satu ujungnya dijepit dan salah satu ujung lainnya bebas [5]. Adapun penggunaan metode kantilever pada energy harvesting berbasis piezoelektrik ini yaitu digunakan sebagai pendistribusian gaya yang dihasilkan dari tekanan mekanis.

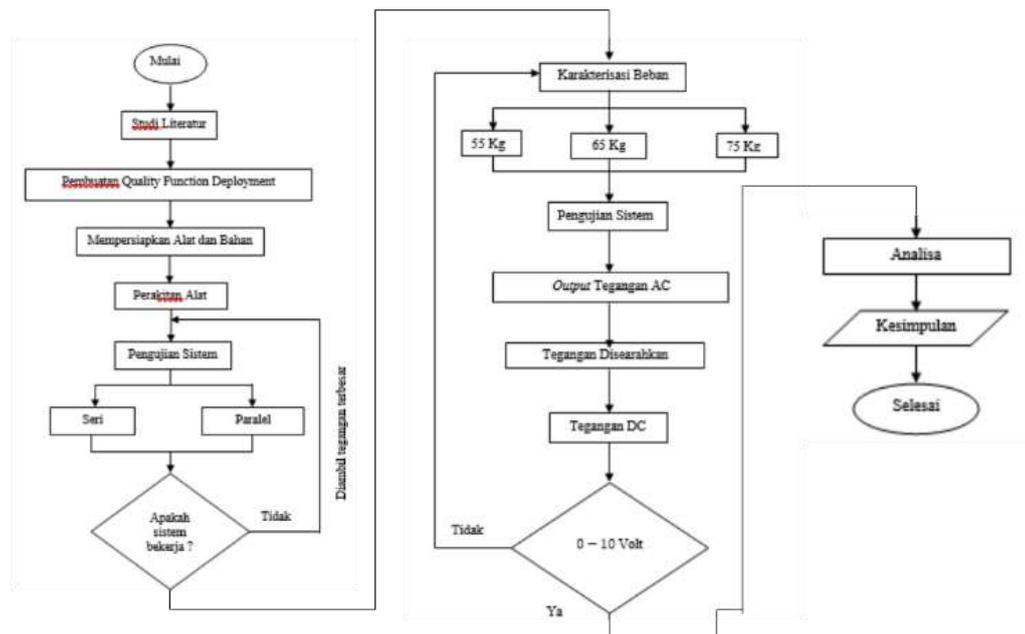
Sebuah penelitian meneliti sistem pemanen energi di lantai menggunakan modul BQ25570 pada aplikasi piezoelektrik energy harvesting hasil tes yang dilakukan yang dihasilkan pada saat berat 42 kg adalah 1345 mW, 52 kg adalah 2251 mW, 67 kg adalah 4729 mW, 70 kg adalah 10646 mW, dan 82 kg adalah 17218 mW [6]. Penelitian lain meneliti modul lantai pembangkit listrik dengan memanfaatkan metode *balanced cantilever* dengan piezoelektrik sebanyak 128 buah. Rata-rata tegangan yang dihasilkan satu elemen piezoelektrik sebesar 1,76 Volt. Tegangan rata-rata yang dihasilkan komponen piezoelektrik rangkaian seri sebesar 1,55 Volt. Tegangan rata-rata yang dihasilkan komponen piezoelektrik rangkaian paralel sebesar 3,99 Volt. Tegangan kosong yang dihasilkan oleh lantai pembangkit listrik rata-rata sebesar 22,79 Volt. Tegangan yang disearahkan, disimpan kapasitor rata-rata sebesar 5,24 Volt [7]. Selanjutnya pada penelitian lain melakukan penelitian dengan membuat modul pemanen energi listrik dengan percobaan yang dilakukan menggunakan beban manusia seberat 55 kg, 60 kg, 75 kg, dan 85 kg. Dilakukan pengujian alat penyusunan piezoelektrik secara paralel menghasilkan tegangan luaran yang didapat sebelum berbeban sebesar 3,54 VDC, 4,80 VDC, 5,21 VDC, dan 6,08 VDC dan setelah berbeban luaran tegangan yang didapat menjadi 2,15 VDC, 2,16 VDC, 2,19 VDC, dan 2,23 VDC dengan 0,005 mA, 0,006 mA, 0,010 mA dan 0,027 mA serta daya yang diperoleh 0,02 mW, 0,02 mW, 0,02 mW dan 0,07 mW [8].

Dari beberapa studi kasus penelitian di atas, oleh sebab itu dengan macam – macam metode penggunaan piezoelektrik didapat kesimpulan untuk menghasilkan energi yang besar dan optimum maka diperlukan tekanan yang besar, frekuensi penekanan juga haruslah diperbanyak, dan proses model pemasangan piezoelektrik harus dibuat sesuai dengan sumber tekanan yang besar sehingga daya listrik dihasilkan juga lebih optimum.

## METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan metode *experimental research*, metode eksperimen dilakukan dengan melakukan pengamatan pada hasil pengujian pada alat penghasil energi listrik yang berasal dari piezoelektrik, di mana sumber energi listrik berasal dari getaran yang di mana getaran tersebut didapatkan dari tekanan mekanis yang diteruskan untuk menggerakkan kantilever sehingga terjadilah penekanan mekanis terhadap piezoelektrik. Adapun hasil pengujian ini nantinya akan divalidasi terhadap persamaan konstitutif piezoelektrik.

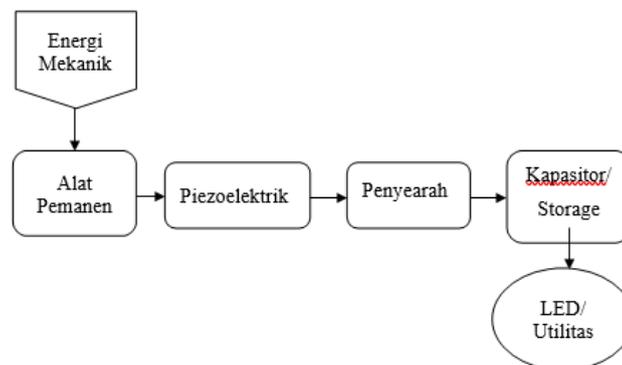
Pada penelitian ini juga menggunakan dua variabel penelitian, yakni variabel bebas dan variabel terikat seperti pada gambar 1.1 dibawah. Di mana variabel bebas pada penelitian ini adalah alat pemanen energi, berat beban, rangkaian listrik sistem. Sedangkan pada variabel terikat pada penelitian ini berupa besarnya Output tegangan yang dihasilkan.



Gambar 1. Diagram Alir

**Skema Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan membuat alat pemanen energi listrik berbasis piezoelektrik dengan metode kantilever, termasuk dalam proses manufaktur dan pemilihan material. Kemudian selanjutnya membuat rangkaian elektronika, berupa rangkaian eksperimen piezoelektrik di mana rangkaian piezoelektrik disusun secara seri dan paralel yang selanjutnya akan diambil tegangan dan arus terbesar. Kemudian susunan akan dibuat dan disesuaikan dengan rancang bangun alat pemanen energi. Ilustrasi skema penelitian dapat dilihat pada gambar.



Gambar 2. Skema Penelitian

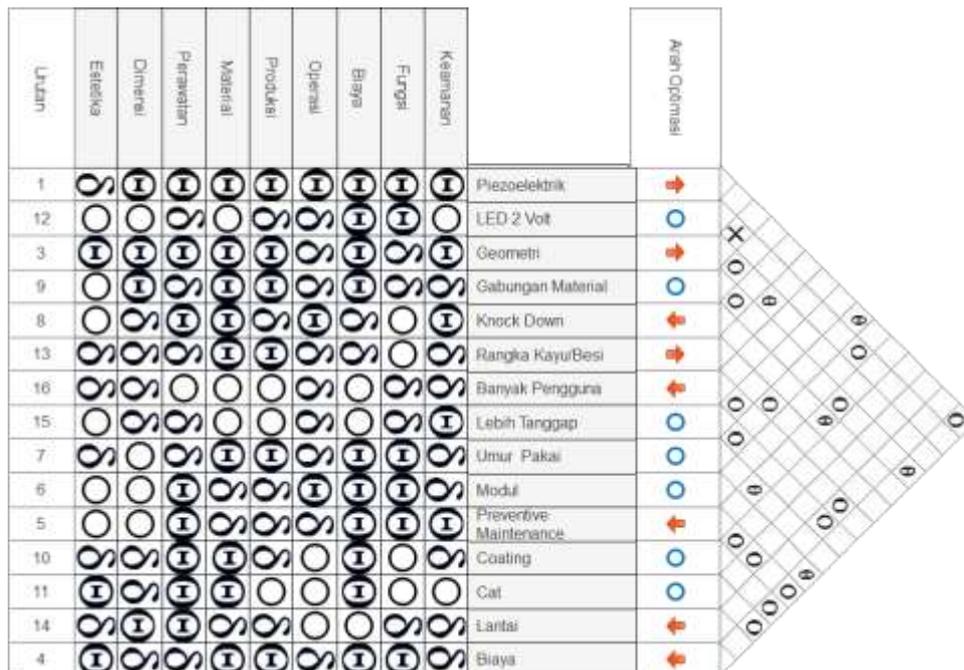
Dari alat pemanen energi ini menyalurkan energi mekanis yang berasal dari pembebanan manusia yang nantinya disalurkan melalui kantilever di mana diujungnya diberikan pembebanan berupa mur dan baut. Pemberian variasi tekanan nantinya akan diberikan oleh beban manusia dengan variabel massa masing – masing berupa 55 kg, 65 kg, dan 75 kg, dengan jumlah penekanan sebesar 10 kali penekanan. Sumber energi (*source energy*) yang akan digunakan pada penelitian ini untuk menghasilkan energi listrik yaitu piezoelektrik.

Setelah piezoelektrik disusun untuk selanjutnya ialah menyalurkan energi yang dihasilkan dari piezoelektrik yang menghasilkan output tegangan yaitu AC (*alternating current*), karena tegangan yang diperlukan adalah tegangan DC maka diperlukan penyearah tegangan (*rectifier circuit*) AC ke DC. Lalu setelah disearahkan tegangan dan arus akan masuk ke dalam rangkaian kapasitor agar menghasilkan listrik yang stabil [9].

**Prosedur Penelitian**

Proses *Quality Function Deployment* (QFD) adalah suatu metode perancangan dan pengembangan produk yang terstruktur dengan mengidentifikasi keinginan dan kebutuhan konsumen secara jelas sehingga tim desain dapat mengevaluasi produk yang sudah ada atau yang akan dibuat sehingga memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen [10].

Dari aplikasi dari *Quality Function Development* (QFD) dapat disusun *House of Quality* yang berisi tentang urutan prioritas, target konstruksi dan pemenuhan permintaan kualitas. Dengan data HOQ ini, desain memperoleh hal – hal penting yang perlu diperhatikan dalam mengembangkan produk yang pada akhirnya dijadikan dasar untuk membangun konsep. House of quality pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar.



Gambar 3. House of Quality

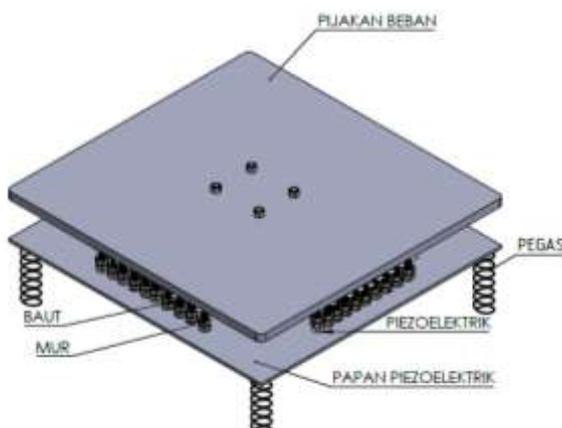
Kemudian didapatkan ranking dari hasil permintaan serta kebutuhan konsumen yang disusun pada sebuah tabel seperti tabel di bawah ini. Tabel ini berisi mengenai prioritas konstruksi, kemudian disusun dalam bentuk nilai atau ranking sesuai dengan banyaknya konsumen yang memilih prioritas konstruksi tersebut.

Tabel 1. Hasil Ranking

No	Ranking	PKK
1	1	Piezoelektrik
2	11	LED 2V
3	2	Geometri
4	8	Gabungan Material
5	7	Knock Down
6	12	Rangka Kayu/Besi
7	15	Banyak Pengguna
8	14	Lebih Tanggap
9	6	Umur Pakai
10	5	Modul
11	4	Preventive Maintenance
12	9	Coating
13	10	Cat

No	Ranking	PKK
14	13	Lantai
15	3	Biaya

Dari hasil tabel di atas maka didapat sebuah desain yang sesuai dengan permintaan dan kebutuhan konsumen berdasarkan pada urutan prioritas, target konstruksi dan permintaan kualitas. Desain dari hasil proses *Quality Function Deployment* (QFD) dapat dilihat pada gambar.



Gambar 4. Desain Alat Pemanen Energi

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil data pengujian dengan variasi pembebanan, jumlah piezoelektrik, dan jenis rangkaian. Pada hasil perhitungan didapatkan besar nilai tegangan yang dihasilkan ditunjukkan pada table berikut ini.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Tegangan

Berat (kg)	Distribusi Gaya (N)	Hasil Tegangan (V)
55	0,117	0,0174
65	0,166	0,0247
75	0,2646	0,0394

Lalu didapatkan pada rangkaian seri, dengan melakukan Pijakan sebanyak 10 kali dan variasi pada keluaran piezoelektrik didapatkan data pada tabel.

Tabel 3. Rata-Rata Tanpa Penyearah Seri

Rangkaian	Berat (kg)			
	55	65	75	
Tegangan (VAC)	A	0,477	1,152	1,059
	B	1,163	1,067	1,072
	C	0,862	0,917	1,122
	D	1,013	1,107	1,065

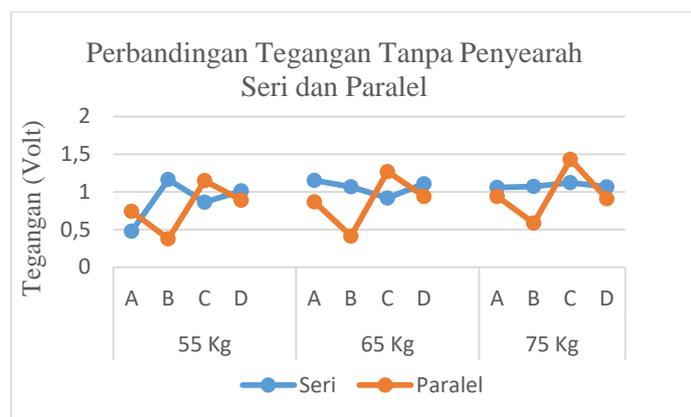
Lalu pada rangkaian paralelnya didapatkan data pada tabel.

Tabel 4. Rata-Rata Tanpa Penyearah Paralel

Rangkaian	Berat (kg)			
	55	65	75	
T e	A	0,741	0,867	0,938

Rangkaian	Berat (kg)		
	55	65	75
B	0,376	0,412	0,585
C	1,149	1,268	1,431
D	0,888	0,938	0,908

Besar Tegangan yang dihasilkan oleh alat pemanen energi listrik berbasis piezoelektrik akan sebanding dengan distribusi gaya yang dihasilkan oleh kantilever, hal ini sesuai dengan teori yang ada. Berikut ini perbandingan tegangan yang dihasilkan oleh alat pemanen energi pada rangkaian seri dan paralel.



Gambar 5.. Perbandingan Hasil Tegangan

Perbedaan nilai tegangan ini ialah total tegangan yang ada pada rangkaian seri merupakan penjumlahan dari masing – masing piezoelektrik atau  $V_{total} = V_1 + V_2 + V_n$  [6]. Sedangkan pada rangkaian paralel besar nilai tegangan total pada rangkaian besarnya sama dengan tegangan sumber atau  $V_{total} = V_1 = V_2 = V_n$ . Lalu pada grafik hasil pengujian yang ada bisa disimpulkan bahwa pada rangkaian seri ini  $V_{total}$  yang dihasilkan nilainya hampir sama dikarenakan penjumlahan pada masing – masing piezoelektriknya, hal ini menyebabkan tegangan yang dihasilkan lebih stabil. Sedangkan pada rangkaian paralel besar  $V_{total}$  yang dihasilkan tidak stabil karena perbedaan hasil pada tiap masing – masing piezoelektrik yang dihasilkan berbeda-beda.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini didapatkan kesimpulan berupa penggunaan piezoelektrik sebagai pembangkit listrik mikro dapat dilakukan, akan tetapi untuk efisiensi daya listrik yang dihasilkan dirasa masih kurang. Hasil perancangan alat pemanen energi berbasis piezoelektrik menggunakan kantilever sebagai metodenya dirasa cukup bagus untuk menghasilkan jumlah frekuensi penekanan terhadap piezoelektrik. Hasil analisa perhitungan dan pengujian menunjukkan nilai tegangan yang dihasilkan masih belum terlalu besar, akan tetapi masih bisa untuk dimanfaatkan kepada utilitas rendah penggunaan daya. Ataupun bisa disimpan ke dalam storage penyimpanan jika ingin digunakan. Adapun faktor – faktor yang mempengaruhi besar kecilnya nilai energi yang dihasilkan pada alat pemanen energi listrik berbasis piezoelektrik dengan metode kantilever ini ialah ketidak sama rataan antara beban kantilever yang mengetuk piezoelektrik, tekanan mekanis berkurang dan berbeda – beda pada tiap bebannya karena proses distribusi gaya, jenis rangkaian yang digunakan, dan kondisi sambungan elektronika. Didapatkan dari hasil perhitungan, dari tiap masing – masing pembebanan nilai tegangan berturut – turut sebesar 7,762 mV, 11,103 mV, dan 17,55 mV. Lalu untuk hasil pengujian tanpa penyearah yang dirata – ratakan pada rangkaian seri pada beban 55,65, dan 75 Kg sebesar 0,88 V, 1,06 V, 1,08 V. Dan untuk rangkaian paralel nilainya 0,79 V, 0,87 V, 0,96 V.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] H. Akinaga, "Recent advances and future prospects in energy harvesting technologies," *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 59, no. 11, 2020, doi: 10.35848/1347-4065/abbfa0.
- [2] E. K. Wati, *REKAYASA VIBRASI: Kendali dan Pemanfaatan Vibrasi dengan Piezoelektrik di bidang Rekayasa Instrumentasi & Kontrol*. 2021.
- [3] H. S. Kim, J. H. Kim, and J. Kim, "A Review of Piezoelectric Energy Harvesting Based on Vibration," *Int. J. Precis. Eng. Manuf.*, vol. 12, no. 6, pp. 1129–1141, 2011, doi: 10.1007/s12541-011-0151-3.
- [4] E. Wijanto, B. Harsono, R. Renandy, A. Septian, and K. Sutanto, "Pengujian Sistem Konversi Energi Suara menjadi Energi Listrik menggunakan Piezoelektrik," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 17, no. 01, pp. 59–67, 2018, doi: 10.31358/techne.v17i01.172.
- [5] A. M. H. Kamal, "Studi Efektivitas Tumpuan Balok Kantilever Pada Struktur Geladak Kapal," University Of Hasanuddin, 2021.
- [6] R. A. Setiawan, S. Alam, U. Murdika, and S. Sumadi, "Rancang Bangun Sistem Pemanen Energi di Lantai Menggunakan Modul BQ25570 pada Aplikasi Piezoelectric Energy Harvesting," *Rekayasa*, vol. 13, no. 3, pp. 277–283, 2020, doi: 10.21107/rekayasa.v13i3.8926.
- [7] D. Rahmawati, M. Ulum, M. Farisal, and K. Joni, "Lantai Pembangkit Listrik Menggunakan Piezoelektrik dengan Buck Converter LM2596," *J. Arus Elektro Indones.*, vol. 7, no. 3, p. 84, 2021, doi: 10.19184/jaei.v7i3.28128.
- [8] E. Stiawan and A. J. Taufiq, "Rancang Bangun Alat Pemanen Energi Listrik Dari Tekanan Mekanik Berbasis Piezoelektrik," *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 79–84, 2020, doi: 10.30595/jrre.v2i2.8280.
- [9] S. Susilo, A. Putra, and K. O. K. Swee, "Modeling of Piezoelectric Acoustic Energy Harvester," vol. 695, pp. 757–760, 2015, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.695.757.
- [10] M. K. Cohen Louis, Manion Lawrence, *Quantitative data analyses*, Sixth Edit. 2018. doi: 10.4324/9781315158501-17.