



Pembangkit Listrik Tenaga Tekanan Dengan Memanfaatkan Piezoelektrik Pada Lantai

Peprizal¹, Zanu Saputra², Ade Putra Maulana³, Bram Tirta⁴, Gerhana⁵

^{1,2,3,4,5} Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

Email : Peprizal@polman-babel.ac.id

Received: 8 Desember 2025; Received in revised form: 25 Desember 2025; Accepted: 27 Desember 2025

Abstract

The demand for environmentally friendly alternative energy is becoming increasingly urgent due to the global energy crisis and the rise in electricity consumption. One potential solution is the utilization of mechanical energy generated from human pressure or movement using piezoelectric materials, which can convert daily activities into electrical energy. This study aims to design and evaluate a pressure-based electricity generator by applying piezoelectric elements to flooring. The research method employed is Research and Development (R&D), using an experimental approach to assess various piezoelectric circuit configurations: series, parallel, and combined. The experimental results indicate that the parallel configuration provides the best performance, yielding an average voltage of 8.68 V and an average current of 10.65 mA. This configuration delivers a higher current than other arrangements, making it more efficient for energy storage applications. Therefore, the parallel configuration is recommended as the optimal solution to enhance the power output performance of piezoelectric systems in pressure-based electricity generation applications.

Keywords: power plant; piezoelectrics; energy harvester; renewable energy; pressure

Abstrak

Kebutuhan akan energi alternatif yang ramah lingkungan semakin mendesak seiring dengan krisis energi global dan meningkatnya konsumsi listrik. Salah satu solusi potensial adalah pemanfaatan energi mekanik dari tekanan atau gerakan manusia menggunakan material piezoelektrik, yang mampu mengubah aktivitas harian menjadi sumber energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji pembangkit listrik tenaga tekanan dengan memanfaatkan piezoelektrik yang diaplikasikan pada lantai. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D), dengan pendekatan eksperimen untuk mengevaluasi berbagai konfigurasi rangkaian piezoelektrik, yaitu seri, paralel, dan gabungan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konfigurasi paralel menghasilkan performa terbaik, dengan rata-rata tegangan sebesar 8,68 V dan arus sebesar 10,65 mA. Konfigurasi ini memberikan arus yang lebih tinggi dibandingkan konfigurasi lainnya, sehingga lebih efisien untuk aplikasi pengisian energi pada sistem penyimpanan listrik. Dengan demikian, konfigurasi paralel direkomendasikan sebagai solusi optimal dalam meningkatkan performa daya keluaran sistem piezoelektrik pada aplikasi pembangkit listrik berbasis tekanan.

Kata kunci: pembangkit listrik; piezoelektrik; pemanen energi; energi terbarukan; tekanan

1. PENDAHULUAN

Konsumsi energi listrik yang terus mengalami peningkatan menjadi suatu urgensi agar selalu dapat terpenuhi ketersediaannya [1]. Pertambahan jumlah penduduk berbanding lurus dengan banyaknya konsumsi energi listrik, tetapi berbanding terbalik dengan ketersediaan sumber daya energi yang semakin berkurang [2,3]. Sumber pembangkit listrik pada umumnya masih ketergantungan dengan bahan bakar fosil, pembangkit listrik ini dapat menyebabkan dampak pencemaran lingkungan [4]. Sementara itu, bahan bakar fosil semakin lama akan semakin berkurang jumlahnya [3]. Sehingga dengan

demikian, kekurangan bahan utama pembangkitan akan berdampak pada keberlanjutan supply energi dimasa yang akan datang.

Energi terbarukan dan ramah lingkungan menjadi solusi untuk sumber pembangkitan energi listrik yang berkelanjutan. Energi terbarukan dapat meminimalisir pencemaran lingkungan karena tidak menggunakan bahan bakar fosil dan sejenisnya [5]. Sumber energi terbarukan mempunyai sifat yang tidak akan habis, contohnya energi sinar matahari (PV), tenaga angin, tenaga air, dll. Tetapi energi tersebut dapat mengalami penurunan performa yang dipengaruhi oleh kondisi cuaca [6]. Seiring dengan kajian-kajian energi terbarukan, salah satu inovasi pembangkitan yaitu memanfaatkan komponen piezoelektrik. Material tersebut dapat memanen energi listrik dengan cara mengkonversi gaya tekanan yang diberikan menjadi energi listrik [7]. Pembangkit ini tidak menimbulkan pencemaran lingkungan sehingga penggunaan bahan baku yang semakin berkurang dapat dihindari [8]. Penggunaan piezoelektrik pada dasarnya tidak memiliki ketergantungan terhadap kondisi cuaca, sehingga diharapkan kualitas panen energi listrik tidak menurun ketika cuaca berubah.

Penerapan pembangkit listrik tenaga tekanan menggunakan piezoelektrik pada lantai dapat menghasilkan listrik dari gaya tekanan pejalan kaki yang melewati media pijakan [9]. Langkah kaki manusia yang terbuang sia-sia dimanfaatkan untuk menekan komponen piezoelektrik dalam memanen energi listrik [7]. Area ramai pejalan kaki menjadi prioritas utama dalam aplikasi pembangkit ini, dengan proses pijakan yang secara terus-menerus terjadi maka energi listrik yang dihasilkan akan semakin meningkat [10].

Dalam penelitian sebelumnya, Zhengbao Yang dkk pada tahun 2018 [11], melakukan penelitian tentang *high-performance piezoelectric energy harvesters and their applications*. Analisa studi literatur terakit beberapa perbandingan material yang seperti PZT, PVDF, dan ZnO. Namun penelitian tersebut baru sebatas eksperimen laboratorium sehingga belum ada data validasi nyata di lingkungan aplikasi.

Pada tahun 2020, Dr. Meena Chavan dkk [12], melakukan penelitian terkait *footstep power generation using piezoelectric sensor and distribution using rfid*. Peneliti merancang 30 sensor piezoelektrik pada ubin berukuran 25 cm x 30 cm. Kombinasi sambungan seri dan paralel digunakan untuk meningkatkan output daya. Namun output yang dihasilkan membutuhkan pijakan kaki yang relatif banyak yaitu tegangan 12 V sebanyak 8400 langkah serta belum ada pengukuran arus atau daya secara presisi.

Pada tahun 2021, Muhammad Rifki Ramadhan dkk [13] melakukan penelitian perancangan prototipe konversi *hybrid* energi suara, energi tekanan dan energi angin menjadi energi listrik menggunakan komponen piezoelektrik. Namun efisiensi sistem belum kompetitif secara ekonomi dibandingkan PLN, serta efisiensi energi dari suara dan angin memberikan output tegangan dan arus yang jauh lebih kecil dibandingkan tekanan, sehingga kurang efektif sebagai sumber utama.

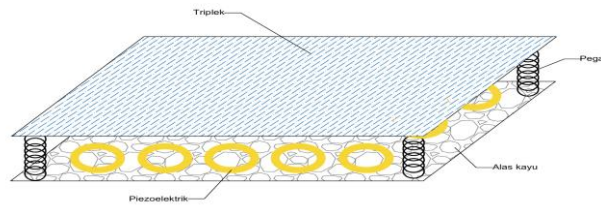
Pada tahun 2024, Sidik Susilo dkk [14] melakukan penelitian tentang *preliminary study-design of a piezoelectric floor energy harvester*. Namun belum dilengkapi dengan sistem konversi dan manajemen energi terintegrasi, serta sistem belum mencakup penyimpanan energi jangka panjang, pengatur tegangan (DC-DC converter), atau penggunaan aktual ke perangkat IoT. Penggunaan piezoelektrik pada lantai dapat memanen energi listrik lebih banyak ketika ditempat ramai pejalan kaki dan massa dari pejalan kaki dapat mempengaruhi hasil panen energi listrik [15,16]. Metode pemasangan piezoelektrik dibawah ubin dengan membandingkan berbagai material, maka hasil panen energi listrik dapat dioptimalkan [17]. Penggunaan piezoelektrik dengan memanfaatkan getaran banyak digunakan karena menghasilkan kerapatan energi yang relatif tinggi [18].

Berdasarkan uraian dan pentingnya sumber energi listrik ramah lingkungan, peneliti ingin melakukan penelitian lanjutan dengan melakukan perancangan pembangkit listrik tenaga tekanan dengan memanfaatkan piezoelektrik pada lantai. Prinsip dasar yang digunakan dalam perancangan sistem yaitu dengan menganalisa beberapa konfigurasi piezoelektrik hingga diperoleh konfigurasi yang efisien dalam pembangkitan energi.

2. METODE PENELITIAN

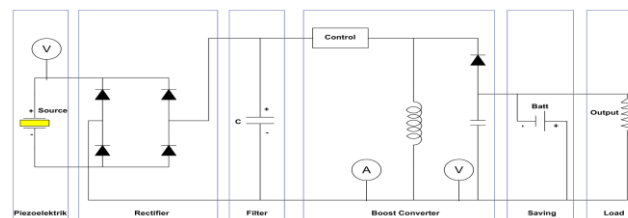
Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D). Metode penelitian dan pengembangan (R&D) merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan untuk meningkatkan optimalisasi produk yang dikembangkan, serta efektif untuk membangun produk baru ataupun menyempurnakan yang telah ada [19,20]. Subjek dalam penelitian ini yaitu prototipe pemanen energi listrik berbasis piezoelektrik pada lantai. Area dengan lalu

lintas pejalan kaki tinggi, seperti pusat perbelanjaan atau pusat olahraga, menerima tekanan yang konsisten dan berkelanjutan [21]. Selain itu Lantai memiliki luas permukaan yang lebih besar, memungkinkan pemasangan lebih banyak elemen piezoelektrik, sehingga meningkatkan potensi energi yang dapat dipanen [22].



Gambar 1. Desain Media Pijakan Kaki Pada Lantai

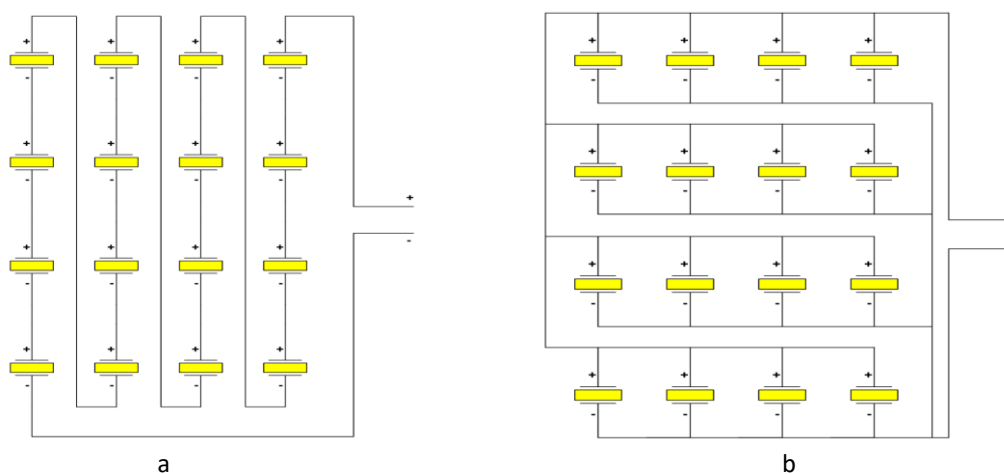
Material piezoelektrik dipasang di antara alas kayu dan triplek, sehingga saat diinjak, tekanan langsung diteruskan ke piezoelektrik untuk menghasilkan energi listrik melalui perubahan polaritas. Pegas ditambahkan di antara kedua lapisan untuk mengembalikan posisi triplek ke keadaan semula serta melindungi piezoelektrik dari kerusakan akibat tekanan berlebih. Rancangan sistem selengkapnya disajikan dalam blok diagram pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Rangkaian

Setiap tekanan dan pelepasan pada piezoelektrik menghasilkan arus dan tegangan bolak-balik (AC) [19]. Karena satu keping piezoelektrik menghasilkan tegangan kecil, beberapa piezoelektrik dikombinasikan untuk meningkatkan output. Tegangan AC ini disearahkan menjadi DC menggunakan rangkaian *rectifier* berbasis dioda, lalu disaring dengan superkapasitor dan diatur oleh rangkaian *buck-boost converter* untuk memperoleh tegangan keluaran yang stabil [23]. Energi akhir kemudian disimpan dalam baterai.

Selanjutnya piezoelektrik akan dirancang dengan menggunakan beberapa konfigurasi yang bertujuan untuk melihat sistem yang paling optimal dalam menghasilkan output, adapun desain konfigurasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. a. Konfigurasi Seri, b. Paralel

Rangkaian seri merupakan sistem koneksi yang menghubungkan (+) dan (-) piezoelektrik, rangkaian ini mempunyai kelebihan pada tegangan yang semakin tinggi jika mempunyai beberapa yang diserikan. Berikut formula untuk tegangan dan arus rangkaian seri diimplemenasikan menggunakan rumus dibawah.

$$V_S = V_{P1} + V_{P2} + \dots V_{Pn} \quad (1)$$

$$I_S = I_{P1} = I_{P2} = \dots I_{Pn} \quad (2)$$

Dengan V_S merupakan tegangan total pada rangkaian seri, V_{P1} yaitu tegangan pada setiap keping piezoelektrik, I_S yaitu arus rangkaian seri. Namun rangkaian ini memiliki kekurangan yaitu ketika salah satu piezoelektrik rusak atau tidak berfungsi maka sistem akan off secara keseluruhan.

Rangkaian paralel adalah mengkoneksikan terminal yang sama secara bersamaan, sistem ini mempunyai kelebihan pada arus yang akan semakin meningkat sejalan dengan bertambahnya jumlah piezoelektrik. Berikut formula untuk rangkaian paralel dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut.

$$V_P = V_{P1} = V_{P2} = \dots V_{Pn} \quad (3)$$

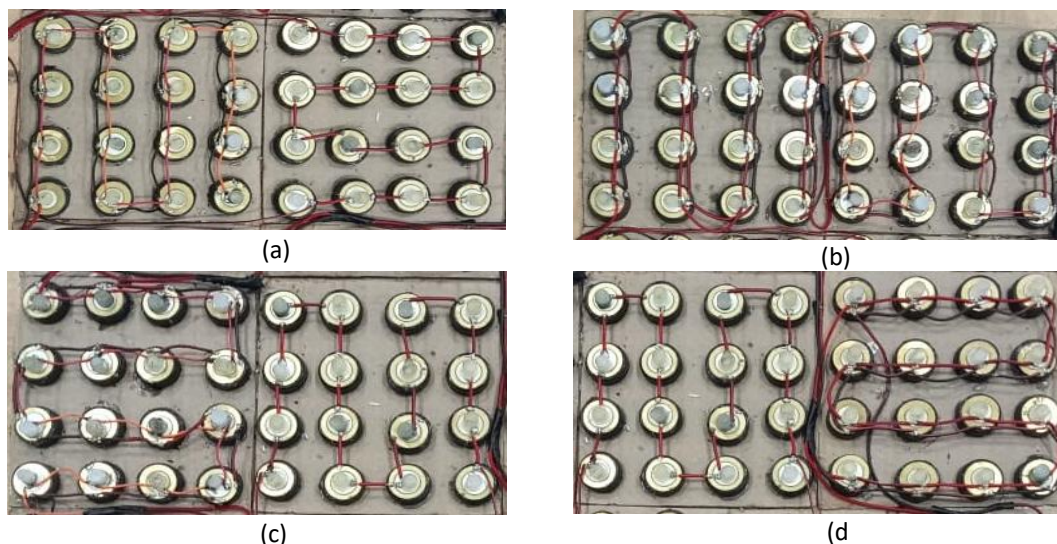
$$I_S = I_{P1} + I_{P2} + \dots I_{Pn} \quad (4)$$

Rangkaian paralel mempunyai arus total yang sama untuk berapapun jumlah piezoelektrik, untuk sistem ini mempunyai keandalan yang lebih efisien dikarenakan sistem akan tetap aktif walaupun terjadi gangguan pada salah satu piezoelektrik tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian pembangkit listrik berbasis piezoelektrik yang dapat menghasilkan output energi listrik yang bersumber dari pijakan kaki manusia. Perancangan yang dilakukan meliputi media pijakan sebagai mekanisasi konversi tekan menjadi energi listrik serta konfigurasi piezoelektrik yang efisien dalam menghasilkan energi listrik

Untuk pengujian dilakukan dengan beberapa tekanan yang terdiri beberapa konfigurasi pada Gambar 4.



Gambar 4. Konfigurasi Piezoelektrik (a) Piezoelektrik Konfigurasi seri, (b) Piezoelektrik Konfigurasi Paralel, (c) Piezoelektrik Konfigurasi Seri-Paralel, (d) Piezoelektrik Konfigurasi Paralel-Seri

Pada rangkaian ini terapat beberapa konfigurasi, piezoelektrik digabung sebanyak 16 buah/blok yang diparalel maupun diseri sebanyak 2 blok. dapat dilihat pada Gambar 4 (a) dan (b) serta piezoelektrik

digabung sebanyak 16 buah/blok yang diseri 1 blok, diparalel sebanyak 1 blok maupun sebaliknya. Berikut dapat dilihat pada Gambar 4 (c) dan (d).

3.1. Preliminary Field Testing

Untuk pengujian dilakukan dengan beberapa tekanan dengan massa badan yang sama. Berikut hasil pengukuran tegangan dan arus dengan massa 22 kg dan beban resistor 1 ohm yang disajikan pada Tabel 1 berdasarkan konfigurasi yang dilakukan.

Tabel 1. Hasil Pengujian

Tekanan ke	Tegangan (V)				Arus (mA)			
	Seri	Paralel	Seri-Paralel	Paralel-Seri	Seri	Paralel	Seri-Paralel	Paralel-Seri
1	39,3	8,2	8,2	5,7	7,19	6,8	0,41	0,07
2	60,9	9,7	6,2	7,1	8,82	9,3	1,24	0,05
3	38,1	9,2	3,9	2,8	8,66	12,5	1,07	1,23
4	60,7	12,3	4,8	4,1	6,75	9,6	1,26	1,24
5	63,8	10,2	11,4	4,4	3,55	6,6	1,64	0,9
6	49,2	6,3	5,5	4,8	5,47	7,4	1,71	0,66
7	39,5	11,2	10,9	6,1	3,38	9,5	1,48	0,83
8	53,1	4,3	13,9	7,6	2,73	15,1	1,51	0,63
9	61,7	10,5	5,5	3	4,81	14,6	1	0,66
10	80,4	4,9	12,9	6	2,91	15,1	0,96	0,65
Rata-Rata	54,67	8,68	8,32	5,16		10,65	1,228	0,692

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa konfigurasi paralel memberikan performa terbaik dari segi arus keluaran, dengan nilai rata-rata arus tertinggi sebesar 10,65 mA. Sebaliknya, konfigurasi seri mencatat tegangan tertinggi dengan rata-rata 54,67 V, sedangkan konfigurasi gabungan (seri-paralel dan paralel-seri) menghasilkan nilai tegangan dan arus yang berada di antara kedua konfigurasi utama tersebut.

Secara teoritis, konfigurasi seri menghasilkan tegangan total sebesar penjumlahan dari setiap elemen piezoelektrik, sementara arusnya tetap sama seperti satu elemen. Ini menyebabkan tegangan tinggi, namun arus rendah. Hal ini tidak ideal untuk aplikasi yang menuntut pengisian energi seperti sistem penyimpanan berbasis baterai atau superkapasitor, yang membutuhkan aliran arus stabil dan besar untuk pengisian efisien.

Sebaliknya, konfigurasi paralel memberikan keunggulan dalam aspek arus. Dalam susunan paralel, arus total adalah penjumlahan dari masing-masing elemen piezoelektrik, sementara tegangan tetap konstan. Ini selaras dengan teori dasar kelistrikan, di mana pada rangkaian paralel, beban mendapatkan tegangan yang sama namun arus bertambah tergantung jumlah cabang. Karena arus yang besar berperan penting dalam pengisian energi listrik ke penyimpanan, maka konfigurasi paralel dianggap paling efisien untuk meningkatkan daya output total.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis konfigurasi pada media pijakan dapat disimpulkan bahwa telah berhasil merancang prototipe pembangkit listrik berbasis piezoelektrik pada lantai. Adapun konfigurasi yang paling ideal untuk pengecasan yaitu rangkaian paralel yang bisa menghasilkan arus lebih besar dengan output tegangan rata-rata mencapai 8,68 V dan arus rata-rata sebesar 10,65 mA. konfigurasi paralel terbukti sebagai pilihan paling optimal dalam pemanfaatan piezoelektrik untuk pembangkitan energi listrik. Meskipun konfigurasi seri menghasilkan tegangan tertinggi, nilai arus yang rendah membatasi efektivitasnya untuk aplikasi penyimpanan energi. Sebaliknya, konfigurasi paralel mampu menghasilkan arus tertinggi menjadikannya lebih sesuai untuk kebutuhan pengisian baterai yang membutuhkan aliran arus besar dan stabil. Dengan demikian, konfigurasi paralel merupakan solusi yang

paling efisien dalam meningkatkan performa daya keluaran sistem piezoelektrik pada aplikasi pembangkit listrik berbasis tekanan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. V. Kulmer and S. Seebauer, "How robust are estimates of the rebound effect of energy efficiency improvements? A sensitivity analysis of consumer heterogeneity and elasticities," *Energy Policy*, vol. 132, pp. 1–14, 2019, doi: 10.1016/j.enpol.2019.05.001.
- [2]. E. Y. Nababan and A. Novester, "Faktor-faktor yang mempengaruhi permintaan konsumen terhadap listrik pada rumah tangga," *J. Ekonomi Trisakti*, vol. 2, no. 2, pp. 407-416, 2022.
- [3]. A. E. Setyono and B. F. T. Kiono, "Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050," *J. Energi Baru Dan Terbarukan*, vol. 2, no. 3, pp. 154–162, 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.11157.
- [4]. S. A. Arsita, G. E. Saputro, and S. Susanto, "Perkembangan Kebijakan Energi Nasional dan Energi Baru Terbarukan Indonesia," *J. Syntax Transformation*, vol. 2, no. 12, pp. 1779–1788, 2021, doi: 10.46799/jst.v2i12.473.
- [5]. A. Bramantya, S. Untari, and R. A. Mawarti, "Mewujudkan Net Zero Emission 2060 Melalui Konversi Sampah Menjadi Listrik dalam Perspektif Smart City," *J. Ilmiah Muqoddimah Jurnal Ilmu Sosial Politik Dan Hummaniora*, vol. 8, no. 1, p. 190, 2024, doi: 10.31604/jim.v8i1.2024.190-199.
- [6]. W. Z. Z. Muna, R. E. Rachmanita, M. Nuruddin, and N. Faizin, "Studi Evaluasi PLTS Off-Grid di Gedung Jurusan Teknik Politeknik Negeri Jember," *Indonesian Journal of Energy and Mineral*, vol. 2, no. 2, pp. 1–12, 2022, doi: 10.53026/ijoem/2022/2.2/1017.
- [7]. E. Stiawan and A. J. Taufiq, "Rancang bangun alat pemanen energi listrik dari tekanan mekanik berbasis piezoelektrik," *J. Riset Rekayasa Elektro*, vol. 2, no. 2, 2020, doi: 10.30595/jrre.v2i2.8280.
- [8]. A. M. Elhalwagy, M. Y. M. Ghoneem, and M. Elhadidi, "Feasibility study for using piezoelectric energy harvesting floor in buildings' interior spaces," *Energy Procedia*, vol. 115, pp. 114–126, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.05.012.
- [9]. H. Liang, G. Hao, and O. Z. Olszewski, "A review on vibration-based piezoelectric energy harvesting from the aspect of compliant mechanisms," *Sensors and Actuators a Physical*, vol. 331, p. 112743, 2021, doi: 10.1016/j.sna.2021.112743.
- [10]. K. K. Selim, I. H. Smaili, H. M. Yehia, M. M. R. Ahmed, and D. A. Saleeb, "Piezoelectric sensors pressed by human footsteps for energy harvesting," *Energies*, vol. 17, no. 10, p. 2297, 2024, doi: 10.3390/en17102297.
- [11]. Z. Yang, S. Zhou, J. Zu, and D. Inman, "High-Performance piezoelectric energy harvesters and their applications," *Joule*, vol. 2, no. 4, pp. 642–697, 2018, doi: 10.1016/j.joule.2018.03.011.
- [12]. D. M. Chavan, S. Chauhan, M. Singh, and A. Tripathi, "Footstep Power Generation using Piezoelectric Sensor and Distribution using RFID," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 7, no. 9 pp. 1416-1420, 2020.
- [13]. M. R. Ramadhan, S. Sasmono, and C. Ekaputri, "Perancangan prototipe konversi hybrid energi suara, energi tekanan dan energi angin menjadi energi listrik menggunakan komponen piezoelektrik," *e-Proceeding of Engineering*, 2021, vol. 8, no. 5, pp. 4447-4457.
- [14]. S. Susilo, E. Listijorini, C. Ahendyarti, I. Febrianto, and A. Adhiwindoro, "Preliminary study-design of a piezoelectric floor energy harvester. TEKNIKA: Jurnal Sains Dan Teknologi, vol. 20, no. 1, pp. 66–72, 2024.
- [15]. M. A. Valemtina, E. M. Silalahi, "Perancangan Prototype Pembangkit Piezoelektrik Lantai Untuk Suplai Energi Listrik Lampu Penerangan Pintu Masuk Rumah," *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5983.

-
- [16]. R. J. Ganesh, D. B. Shanmugam, S. Munusamy, and T. Karthikeyan, "Experimental study on footstep power generation system using piezoelectric sensor," *Materials Today Proceedings*, vol. 45, pp. 1633-1637, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.08.474.
- [17]. E. Park, N. Bassiri-Gharb, and I. Stern, "Coupling high resonant frequency piezoelectrics to Human-Scale frequencies for energy harvesting," *Procedia Computer Science*, vol. 109, pp. 771– 776, 2017, doi: 10.1016/j.procs.2017.05.318.
- [18]. P. Asthana and G. Khanna, "Finite-element modeling of piezoelectric energy harvesters using lead-based and lead-free materials for voltage generation," *Journal of Asian Ceramic Societies*, vol. 6, no. 4, pp. 394–400, 2018, doi: 10.1080/21870764.2018.1542968.
- [19]. P. Peprizal, and N. Syah, "Pengembangan media pembelajaran berbasis web pada mata pelajaran instalasi penerangan listrik," *Jurnal Imiah Pendidikan dan Pembelajaran*, vol. 4, no. 3, pp. 455-467, 2020.
- [20]. M. H Alfatiha, D. B Santoso, and U. Latifa, "Perancangan dan implementasi alat pembangkit listrik hybrid menggunakan tenaga surya dan piezoelectric (P-SUPIR)," *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 219-230.
- [21]. Z. Wu and Q. Xu, "Design and testing of a new dual-axial underfloor piezoelectric energy harvester," *Sensors and Actuators a Physical*, vol. 303, p. 111858, 2020, doi: 10.1016/j.sna.2020.111858.
- [22]. A. Kiswantono, "Inovasi Energi Hijau: Piezoelektrik Untuk Mengubah Getaran Kendaraan Menjadi Listrik," *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4452.
- [23]. M. Hosseinpour, M. Heydarvand, and M. E. Azizkandi, "A new positive output DC–DC buck-boost converter based on modified boost and ZETA converters," *Scientific Reports*, vol. 14, no. 1, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-71612-y.