

PEMANFAATAN SENSOR PIEZOELEKTRIK SEBAGAI PENGHASIL SUMBER ENERGI LISTRIK ALTERNATIF MENGGUNAKAN TETESAN AIR HUJAN

Dhani Yonata Hariyono*, Nazaruddin Nasution
Jurusan Fisika FST Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

*E-mail korespondensi: dhani.yonata@uinsu.ac.id

ABSTRACT

Indonesia is a tropical country whose renewable energy sources have not been optimally explored and developed. The advantages of a tropical climate are rain and heat, which should be put to good use to become a renewable energy source. One of the beneficiaries is the energy produced by rainwater using piezoelectricity. With the pressure of rainwater on the piezoelectric, the piezoelectric can produce electrical energy that can be stored for use. The amount of energy that can be generated directly depends on the piezoelectricity used and the rainfall. The method used in this research is to do experimental testing. The generated electrical energy is stored in a 12 V dry battery which has been rectified from AC (alternating current) to DC (direct current) using rectifier diodes. The results of the electrical input voltage are processed using the Arduino Uno microcontroller via a voltage sensor and stored using a data logger shield with an SD card and data. The results of this study show that the largest voltage and current are generated at 110.5 mm rainfall and a voltage of 35.50 V and a current of 209.95 mA is obtained. While the smallest voltage and current are generated at 9 mm rainfall and obtained a voltage of 2.89 V and a current of 17.1 mA.

Keywords: Piezoelectric, Voltage, Pressure.

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara tropis yang sumber energi terbarukannya belum dieksplorasi dan dikembangkan secara optimal. Keunggulan iklim tropis yaitu hujan dan panas, yang sudah seharusnya hal ini bisa di manfaatkan dengan baik untuk menjadi sumber energi terbarukan. Salah satu pemanfaatannya adalah energi yang dihasilkan air hujan dengan menggunakan Piezoelektrik. Dengan adanya tekanan air hujan pada piezoelektrik, maka piezoelektrik dapat menghasilkan energi listrik yang dapat disimpan untuk digunakan. Jumlah energi yang dapat dihasilkan secara langsung bergantung pada piezoelektrik yang digunakan dan curah hujan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pengujian secara eksperimental. Energi listrik yang dihasilkan disimpan dalam baterai baterai kering 12 V yang telah disearahkan dari AC (arus bolak-balik) ke DC (arus searah) menggunakan dioda penyearah. Hasil tegangan input listrik diolah menggunakan mikrokontroler Arduino Uno melalui sensor tegangan dan disimpan menggunakan data logger shield dengan SD card dan data. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa tegangan dan arus terbesar yang dihasilkan pada curah hujan 110,5 mm dan didapatkan tegangan sebesar 35,50 V dan arus sebesar 209,95 mA. Sedangkan tegangan dan arus terkecil yang dihasilkan pada curah hujan 9 mm dan didapatkan tegangan sebesar 2,89 V dan arus sebesar 17,1 mA.

Kata kunci: Piezoelektrik, Tegangan, Tekanan.

Diterima 21-03-2023 | Disetujui 01-05-2023 | Dipublikasi 05-05-2023

PENDAHULUAN

Energi merupakan hal utama yang menopang kehidupan manusia di dunia.

Dorongan manusia untuk mencari energi baru didorong oleh situasi global yang menunjukkan bahwa cadangan energi fosil di bumi semakin menipis karena sifatnya yang tidak dapat

diperbarui. Untuk menggantikan keterbatasan energi fosil, manusia mencoba membuat alat pengumpul atau pemanen energi [1]. Pemanenan atau pengumpul energi adalah proses menangkap energi yang terbuang dari sumber energi yang terjadi secara alami, mengumpulkan dan menyimpannya untuk digunakan di waktu tertentu. Pemanen energi adalah konversi energi lingkungan menjadi energi listrik. Pemanen atau pengumpul energi menjadi salah satu teknik yang menjanjikan untuk memecahkan masalah energi global tanpa menghabiskan sumber daya alam [2,3].

Indonesia adalah negara tropis, sehingga Indonesia memiliki dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Pemanfaatan energi listrik secara alami pada musim kemarau adalah dengan memanfaatkan panas matahari sebagai energi yang disimpan pada siang hari dan digunakan atau digunakan sebagai listrik pada malam hari. Namun pada saat musim hujan energi tersebut belum dimanfaatkan atau digunakan secara maksimal untuk di ubah menjadi energi listrik [4].

Piezoelektrik adalah salah satu dari banyak aplikasi yang dapat diterapkan pada alat pemanen energi [5]. Saat ini beberapa peneliti telah menggunakan piezoelektrik di beberapa pengaplikasian dengan memanfaatkan energi yang berasal dari alam, hal ini dilakukan untuk mengurangi pemakaian listrik yang disediakan oleh pemerintah. Maka dari itu peneliti bertujuan memanfaatkan energi alam yaitu hujan. Penerapan getaran/tekanan pada kristal piezoelektrik akan menciptakan tegangan listrik karena polarisasi muatan yang terjadi [6]. Getaran/tekanan yang diperlukan untuk konversi energi dapat dengan mudah diperoleh dari lingkungan tempat piezoelektrik ditempatkan. Dengan penempatan yang tepat, piezoelektrik dapat menghasilkan lebih banyak energi listrik [7]. Keluaran daya dari piezoelektrik bergantung pada banyak faktor intrinsik dan ekstrinsik, yang menyebabkan variasi besar dalam keluaran daya [8].

Mowaviq *et al.* (2018) menggunakan piezoelektrik sebagai generator berbasis pijakan pada kaki [9]. Dengan merancang lapisan

piezoelektrik di lantai, energi yang hilang akibat langkah kaki dapat dimanfaatkan. Hasil penelitian di lapangan menjelaskan bahwa pembangkit listrik yang menggunakan piezoelektrik merupakan pembangkit berdaya rendah. Dari pengujiannya disimpulkan bahwa semakin besar massa yang diberikan maka semakin tinggi tegangan yang didapatkan. Hal ini sesuai dengan prinsip piezoelektrik yaitu mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Hakim (2020) juga telah membangun pemanen energi piezoelektrik dengan prinsip serupa [10]. Alat ini mengubah energi kinetik kaki manusia, yang kemudian diubah menjadi energi listrik. Penggunaan energi dilakukan dengan mengatur efisiensi energi piezoelektrik pada baterai (*rechargeable*), kemudian menggunakan sensor tegangan dan modul *Bluetooth* HC-05 akan dimonitor dan data akan dikirim ke ponsel sehingga tegangan keluaran piezoelektrik dapat dicatat dan dipantau.

Ratih *et al.* (2019) melakukan penelitian *power bank* piezoelektrik menggunakan tekanan tangan [11]. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa tegangan dan arus yang dihasilkan oleh rangkaian paralel piezoelektrik lebih besar dibandingkan dengan rangkaian seri. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa tegangan dan arus yang dihasilkan oleh rangkaian paralel piezoelektrik lebih besar dibandingkan dengan rangkaian seri. Semakin tinggi tekanan, semakin tinggi tegangan terukur. Pemberian saklar di depan modul XL6009 sangat mempengaruhi keluaran karena modul XL6009 memiliki beban yang menghambatnya. Untuk membuat output yang besar, saat mengisi daya *power bank*, matikan sakelar agar modul tidak membebani input dan agar arus dapat mengisi daya ponsel, sakelar harus dihidupkan. Menggunakan modul XL6009 membantu membuat tegangan output tinggi dan stabil. Untuk mengisi daya baterai *power bank*, piezoelektrik harus ditekan dalam waktu lama dan terus-menerus karena tegangan yang dihasilkan terlalu lemah.

Zebua *et al.* (2019) menggunakan bahan piezoelektrik ini untuk membuat pembangkit listrik tenaga air hujan [6]. Tetesan air hujan

akan mengenai material piezoelektrik dan mengeluarkan tegangan yang akan diukur oleh sensor tegangan dan Arduino Mega. Tegangan yang terbaca oleh Arduino Mega akan ditampilkan oleh LCD TFT. Piringan piezoelektrik yang menghasilkan tegangan paling tinggi adalah piringan piezoelektrik dengan luas permukaan terbesar. Semakin besar diameter piringan piezoelektrik, semakin besar tegangan yang dihasilkan.

Berdasarkan permasalahan dan pemanfaatan piezoelektrik di atas, maka pada penelitian ini dilakukan sebuah solusi dan inovasi yang dapat memanen energi yang bersumber dari tetesan air hujan. Penelitian ini dilakukan di tempat dengan curah hujan tinggi di kota medan. Medan Johor dan Medan Tuntungan merupakan daerah dengan tingkat curah hujan paling tinggi di kota Medan [12]. Maka dalam hal ini peneliti akan menggunakan energi yang dihasilkan oleh tekanan air hujan yang jatuh dari langit sebagai energi tekan pada piezoelektrik.

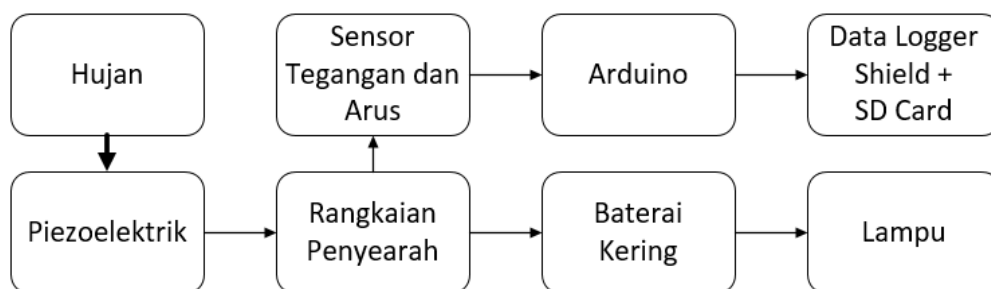
METODE PENELITIAN

Metodologi atau pendekatan yang dilakukan adalah pemodelan awal piezoelektrik sebagai media pembangkit energi listrik yang berasal dari tekanan tetesan hujan. Dalam penelitian ini, piezoelektrik yang digunakan adalah piezoelektrik dari bahan kuningan dan keramik

dan berbentuk lingkaran dengan diameter 3,5 cm. Piezoelektrik yang digunakan dalam penelitian yaitu 144 buah piezoelektrik. Selanjutnya, piezoelektrik tersebut dihubungkan dengan dioda penyearah full bridge dan baterai kering sebagai media penyimpan daya yang dihasilkan. Dalam pengambilan data, piezoelektrik akan menerima gaya tekan atau tumbukan melalui tetesan hujan dengan berbagai intensitas hujan selama penelitian berlangsung. Data tegangan dan arus yang di dapat juga akan di simpan pada data logger shield dengan sd card secara realtime. Secara umum penelitian ini bertujuan menciptakan sebuah alat pemanen energi yang bisa dijadikan listrik yang mampu disimpan dalam baterai.

Perancangan Diagram Blok Sistem

Penyusunan konsep ini merupakan logika berpikir dalam mencapai keluaran yang efektif bertujuan untuk menghasilkan energi listrik berdasarkan dari tetesan/rintik hujan. Cara kerja percobaan ini diawali dengan adanya energi dari tekanan pada hujan kemudian diterima piezoelektrik yang memiliki prinsip jika medan listrik terbentuk ketika material dikenai tekanan mekanik. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perancangan diagram blok sistem.

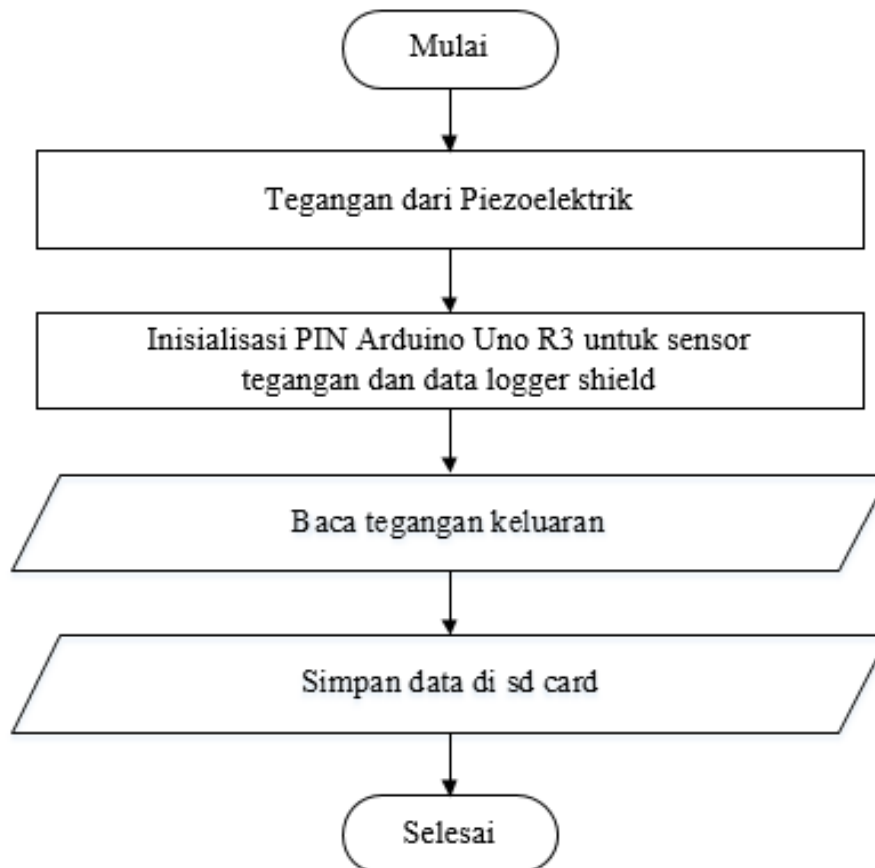
Piezoelektrik mengkonversikan energi mekanis dari hujan menjadi energi listrik dengan arus AC dan disearahkan menjadi arus DC dengan rangkaian dioda penyearah. Arus DC energi listrik diteruskan dan disimpan pada baterai kering 12 V melalui modul charger,

kemudian disambung dengan lampu LED 5 W sebagai output energi. Data besar tegangan dan arus yang dihasilkan akan diproses setelah arus telah disearahkan dengan menghubungkan dengan sensor tegangan dan data yang diperoleh di simpan di *memory card*.

Perancangan Perangkat Lunak

Sistem perancangan perangkat lunak ini bertujuan untuk pembacaan data tegangan dan arus yang disimpan pada perangkat. Tegangan keluaran yang didapatkan berasal dari energi

mekanis yang di hasilkan hujan yang sudah dikonversikan. Tegangan keluaran dihasilkan ketika adanya hujan dan kemudian akan terbaca oleh sensor tegangan dan arus dan disimpan pada SD card. Berikut diagram alir pemograman sistem pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir program keseluruhan.

Perancangan Pengujian dan Karakteristik Alat

Perancangan pengujian dan karakterisasi alat dilakukan pada tegangan keluaran piezoelektrik, rangkaian dioda penyearah dan penyimpanan energi listrik pada baterai. Konfigurasi material piezoelektrik terletak pada penampang yang telah di sesuaikan dengan jumlah piezoelektrik yang digunakan. Karakterisasi piezoelektrik dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh rancangan alat, dengan menggunakan multimeter digital. Pengujian rangkaian dioda penyearah dilakukan dengan menggunakan trafo. Pengujian penyimpanan energi menggunakan modul pengisian daya

yang memiliki pemantau arus, pengunci tegangan dengan arus cas maximum 2 A, dan dua status pin yang mana pada modul ini dihubungkan dengan 2 lampu LED indikator dengan LED merah menandakan sedang diisi, dan biru saat baterai sudah penuh. Pengujian penyimpan pada baterai dilakukan dengan cara memberikan tegangan masukan DC dgn nilai tegangan DC dan akan dilihat berhasil menyimpan atau tidak. Untuk mengujinya dilakukan dengan memberikan masukan arus listrik melalui catu daya, pada saat baterai kering diisi daya, maka LED pada modul charger akan menyala dengan warna merah, dan pada saat baterai kering sudah penuh, maka modul akan menyalakan LED berwarna biru.

Pengujian Sistem Pendeteksi dan Pengambilan Data

Pengujian alat secara keseluruhan bertujuan melihat semua komponen dan alat bekerja seperti semestinya. Pengujian dilakukan mulai dari bagian awal sistem agar jika terjadi kesalahan dapat diperbaiki dengan cepat. Pengujian dilaksanakan di ruang terbuka dengan berbagai intensitas hujan yang terjadi selama penelitian berlangsung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Piezoelektrik

Nilai rata-rata tegangan pada rangkaian paralel lebih besar dibanding dengan tegangan pada rangkaian seri dan untuk nilai arus pada rangkaian paralel lebih besar dibandingkan pada rangkaian seri. Jumlah piezoelektrik mempengaruhi besar tegangan yang dihasilkan. Nilai keluaran sensor semakin meningkat seiring dengan penambahan jumlah piezoelektrik. Semakin banyak jumlah piezoelektrik yang digunakan maka semakin besar tegangan yang dihasilkan. Begitu sebaliknya semakin sedikit jumlah piezoelektrik yang digunakan maka semakin kecil tegangan yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan tekanan yang diberikan sebanding dengan tegangan yang diperoleh [13]. Maka dari itu rangkain yang digunakan dalam penelitian ini adalah rangkaian paralel. Pengambilan data dilakukan setiap kali diberi tekanan, lalu tegangan dan arus yang terukur oleh multimeter dicatat. Data yang diperoleh dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Hasil pengujian karakterisasi piezoelektrik rangkaian paralel.

Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (W)
14,8	101,5	1,5
14,3	119	1,7
12,7	92,5	1,2
16,7	120,5	2,0
15,1	102,5	1,5
14,7	107,2	1,6

Percobaan dilakukan dengan cara memberi tekanan sebanyak lima kali terhadap piezoelektrik. Dari hasil yang diperoleh tegangan rata-rata dihasilkan 14,7 V dan arus listrik yang diperoleh dengan rata-rata 107,2 mA.

Pengujian Kalibrasi Sensor Tegangan

Sensor tegangan DC berupa modul digunakan untuk mendeteksi tegangan keluaran yang dihasilkan piezoelektrik. Karakterisasi sensor tegangan dilakukan untuk mengetahui keakuratan pembacaan sensor tegangan dengan membandingkan pembacaan tegangan pada catu daya sebagai sumber tegangan. Hasil karakterisasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Table 2. Hasil kalibrasi sensor tegangan.

Tegangan (V)	Sensor (V)	Error (%)
1	1,03	3
2	1,99	1
3	3,01	2
4	4,07	2
5	4,96	1

Pembacaan pada sensor tegangan memiliki nilai yang hampir sama dengan pembaca tegangan pada catu daya dengan setiap variasi tegangan yang diberikan. Persentase *error* paling besar terjadi dengan sensor tegangan adalah 3% dari lima kali percobaan. Sehingga dapat dikatakan sensor tegangan yang sudah dirangkai mampu membaca tegangan dengan baik.

Hasil Pengujian Berdasarkan Curah Hujan

Alat yang dirancang dapat menghasilkan listrik ketika adanya tekanan. Pengujian memposisikan piezoelektrik yang telah dilekatkan pada penampang yang telah disesuaikan dan diuji Ketika hujan pada lingkungan kampus IV Universitas Islam Negeri Sumatera Utara selama penelitian berlangsung. Intensitas Curah Hujan akan mempengaruhi listrik yang dihasilkan. Data intensitas curah hujan diambil dari Stasiun

Klimatologi Sampali, Stasiun Geofisika Parapat dan Stasiun Geofisika Tuntungan, Provinsi Sumatera Utara. Harapan dari pengujian alat ini adalah mampu mengisi daya baterai kering 12 V dan mampu digunakan untuk mengisi daya

baterei elektronik yang dibutuhkan seperti, smartphone dan lampu penerangan. Data pengujian sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.

Table 3. Hasil pengujian.

Tanggal	Curah Hujan (mm)	Tegangan (V)	Arus (mA)
27/09/2022	50	16,06	95
29/09/2022	102	32,77	193,8
30/09/2022	31,5	9,83	59,85
02/10/2022	31,5	10,12	59,85
04/10/2022	35,5	11,40	67,45
11/10/2022	110,5	35,50	209,95
13/10/2022	105	33,73	199,5
14/10/2022	40	12,85	76
16/10/2022	17,8	5,72	33,82
19/10/2022	37,5	12,05	71,25
20/10/2022	97,5	31,32	185,25
21/10/2022	93	29,88	176,7
22/10/2022	21,2	6,81	40,28
29/10/2022	20,5	6,59	38,95
30/10/2022	71,5	22,97	135,85
31/10/2022	30,3	9,73	57,57
02/11/2022	28,5	9,16	54,15
03/11/2022	29	9,32	55,1
04/11/2022	36,8	11,82	69,92
05/11/2022	9	2,89	17,1
08/11/2022	29,5	9,48	56,05
09/11/2022	24,5	7,87	46,55
11/11/2022	24,6	7,90	46,74
14/11/2022	60	19,28	114
15/11/2022	53,9	17,32	102,41
16/11/2022	105	33,73	199,5
17/11/2022	20,5	6,59	38,95
18/11/2022	26,4	8,48	50,16
19/11/2022	63,5	20,40	120,65
25/11/2022	66,5	21,36	126,35

Dari data pada Tabel 3 dapat dilihat tegangan dan arus terbesar yang dihasilkan pada hujan yang terjadi 11 Oktober 2022 dengan curah hujan 110,5 mm dan didapatkan tegangan sebesar 35,50 V dan arus sebesar 209,95 mA. Sedangkan data 5 November 2022 dengan curah hujan 9 mm dan didapatkan tegangan sebesar 2,89 V dan arus sebesar 17,1 mA. Dari data tersebut bisa dapat diketahui bahwa semakin besar curah hujan maka tegangan yang dihasilkan oleh alat ini juga meningkat. Arus yang dihasilkan oleh

piezoelektrik memang relatif kecil, terbukti arus yang terbaca hanya dalam skala mA.

KESIMPULAN

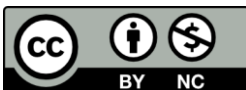
Berdasarkan penelitian yang telah direncanakan dan dirancang peralatan, maka diperoleh beberapa kesimpulan yaitu piezoelektrik bisa digunakan sebagai penghasil tenaga listrik. Tegangan dan arus terbesar yang dihasilkan pada curah hujan 110,5 mm dan didapatkan tegangan sebesar 35,50 V dan arus sebesar

209,95 mA. Sedangkan tegangan dan arus terkecil yang dihasilkan pada curah hujan 9 mm dan didapatkan tegangan sebesar 2,89 V dan arus sebesar 17,1 mA. Dari data keseluruhan yang didapat semakin besar curah hujan maka tegangan yang dihasilkan oleh Sistem pengumpul energi dengan piezoelectric ini juga meningkat. Piezoelektrik memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu salah satunya dapat membangkitkan daya sendiri karena prinsipnya sebagai penghasil energi yang memanfaatkan dari energi mekanik. Akan tetapi kekurangan yang dimiliki dari sensor piezoelektrik adalah bahan material yang mudah rusak serta tidak dapat beroperasi untuk aplikasi-aplikasi yang membutuhkan daya dengan skala yang lebih besar.

REFERENSI

- Rinaldi, R. G., & Kuncoro, M. A. (2019). Perbandingan Pengisian Kapasitor oleh Piezoelektrik dengan Baterai. *JUPITER (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro)*, **4**(1), 7–14.
- Nia, E. M., Zawawi, N. A. W. A., & Singh, B. S. M. (2017). A review of walking energy harvesting using piezoelectric materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **291**(1), 012026.
- Yulia, E., Putra, E. P., Ekawati, E., & Nugraha, N. (2016). Polisi tidur piezoelektrik sebagai pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi mekanik kendaraan bermotor. *Jurnal Otomasi Kontrol Dan Instrumentasi*, **8**(1), 485790.
- Diniardi, E., Syawaluddin, S., Ramadhan, A. I., Fithriyah, N. H., & Dermawan, E. (2018). Analisis Daya Piezoelektrik Model Hybrid Solar Cell-Piezoelectric Skala Rendah. *Jurnal Teknologi*, **10**(2), 139–146.
- Almanda, D., Dermawan, E., Ramadhan, A. I., Diniardi, E., & Fajar, A. N. (2015). Analisis desain optimum model piezoelektrik PVDF Untuk sumber pembangkit listrik air hujan berskala mini. *Prosiding Semnastek*.
- Zebua, D., Kolago, D., Wijaya, Y. A. C., & Utama, Y. A. K. (2019). Desain dan pembuatan pembangkit listrik tenaga air hujan menggunakan piezoelectric disk. *Jurnal Tecnoscienza*, **4**(1), 79–94.
- Hendriawan, A. (2014). Piezoelectric sebagai alternatif catu daya tambahan pada mobil listrik. *INOVTEK POLBENG*, **4**(1), 26–33.
- Li, H., Tian, C., & Deng, Z. D. (2014). Energy harvesting from low frequency applications using piezoelectric materials. *Applied Physics Reviews*, **1**(4), 041301.
- Mowaviq, M. I., Junaidi, A., & Purwanto, S. (2018). Lantai Permanen Energi Listrik Menggunakan Piezoelektrik. *Energi & Kelistrikan*, **10**(2), 112–118.
- Hakim, A. A. (2020). Perancangan Sistem Monitoring Tegangan Piezoelektrik Untuk Pengisian Baterai Berbasis Bluetooth. *J. Tek. Elektro Uniba (JTE Uniba)*, **4**(2), 62–67.
- Ratih, R. M., Yasyak, M. I., Nugroha, H., & Fadlilah, U. (2019). Powerbank Piezoelektrik menggunakan Tekanan Tangan. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, **20**(1), 47-51.
- Anggraini, N., Pangaribuan, B., Siregar, A. P., Sintampalam, G., Muhammad, A., Damanik, M. R. S., & Rahmadi, M. T. (2021). Analisis pemetaan daerah rawan

- banjir di kota medan tahun 2020. *Jurnal Samudra Geografi*, **4**(2), 27–33.
13. Alfraila, F., Harmadi, H., & Rasyid, R. (2022). Rancang Bangun Pembangkit Sumber Energi Listrik Berbasis Piezoelektrik Pada Sepatu Untuk Pendaki Gunung. *Jurnal Fisika Unand*, **11**(3), 285–291.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)