

PEMANEN ENERGI LISTRIK DARI CURAH HUJAN MELALUI TRANSDUSER PIEZOELEKTRIK SECARA SERI DAN PARALEL

Arief Moonik¹⁾, Jotje Rantung²⁾, Benny Maluegha³⁾

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi
Jl. Kampus Unsrat Bahu, Manado
Email : arivemoonik97@gmail.com

ABSTRAK

Energi listrik sudah menjadi salah satu kebutuhan pokok bagi keberlangsungan aktivitas manusia. Dari waktu ke waktu aktivitas manusia terus meningkat dan permintaan akan energi listrik pun ikut meningkat. Dalam rangka mengatasi hal tersebut, dibutuhkan banyak inovasi dalam kelistrikan untuk menyokong kebutuhan akan listrik. Dengan memanfaatkan curah hujan yang terus ada di setiap tahunnya maka penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan kinerja pengubahan energi titik hujan menjadi energi listrik melalui sirkuit rangkaian piezoelektrik dan beda parameter curah hujan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di mana tekanan yang diberikan pada piezoelektrik bervariasi sehingga menghasilkan suatu tegangan. Terdapat dua jenis pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu pengujian dengan rangkaian seri dan pengujian dengan rangkaian paralel dari berbagai variasi ketinggian antara lain: 170 cm, 190 cm, 210 cm, 230 cm, 250 cm, dan 270 cm. Pada pengujian rangkaian seri maupun paralel tegangan keluaran yang paling banyak dihasilkan sama-sama berada pada ketinggian 270 cm. Namun jika dilihat dari keseluruhan percobaan dengan kesepuluh variasi ketinggian, rangkaian seri lebih banyak menghasilkan tegangan rata-rata yang lebih besar daripada rangkaian paralel.

Kata Kunci : Piezoelektrik, Rangkaian Seri, Rangkaian Paralel, Hujan.

ABSTRACT

Electrical energy has become one of the basic needs for the continuity of human activities. From time to time human activities continue to increase and the demand for electrical energy also increases. In order to overcome this, many innovations in electricity are needed to support the need for electricity. By utilizing rainfall that continues to exist every year, this research was carried out to obtain the performance of converting raindrop energy into electrical energy through piezoelectric circuits and different rainfall parameters.

The method used in this research is an experimental method, where the pressure applied to the piezoelectric varies to produce a voltage. There are two types of tests carried out in this study, namely testing with a series circuit and testing with a parallel circuit of various height variations, including: 170 cm, 190 cm, 210 cm, 230 cm, 250 cm, and 270

cm. In testing series and parallel circuits, the highest output voltages are both at a height of 270 cm. However, when viewed from the whole experiment with ten variations to the six heights, the series circuit produces more average voltages than the parallel circuit.

Keywords: *Piezoelectric, Series Circuit, Parallel Circuit, Rain.*

I. PENDAHULUAN

Listrik merupakan energi vital bagi keberlangsungan aktivitas manusia baik bagi individu, kelompok masyarakat maupun dunia industri. Kegiatan masyarakat cenderung meningkat dari waktu ke waktu (Yudhi, 2016) dan permintaan akan energi listrik ikut meningkat karena kemajuan dan otomatisasi teknologi yang ada. Faktor lokasi pembangkit listrik menjadi salah satu penyebab suatu daerah sulit melakukan aktivitas sehari-hari. Lokasi yang dimaksudkan biasanya cukup jauh karena beberapa alasan teknologi di daerah tersebut masih kurang maju (Rao, 2011).

Oleh karena itu krisis energi listrik menjadi masalah yang sangat memengaruhi keberlangsungan hidup. Dengan demikian perlu diupayakan solusi alternatif penghasil energi yang ramah lingkungan. Salah satunya dengan memanen energi yang dihasilkan dari curah hujan menggunakan material piezoelektrik.

Pada umumnya, Kota Manado mengalami curah hujan maksimum terbanyak pada bulan Desember dan Januari. Frekuensi kejadian tertinggi terjadi selama 12 kali pada Bulan Desember dan Januari yang diperoleh dari data curah hujan di dua lokasi, yaitu Stasiun Klimatologi Minahasa Utara dengan panjang data 45 tahun dimulai dari tahun 1973 hingga 2019. Lokasi kedua yang juga mempunyai frekuensi kejadian tertinggi sebanyak 12 kali pada Bulan Januari yaitu Stasiun Meteorologi Sam Ratulangi, dengan panjang data 39 tahun dimulai dari tahun 1981 hingga 2019. Sedangkan frekuensi kejadian terendah sebanyak 8 kali pada Bulan Desember dan Januari yaitu Stasiun Geofisika Winangun, dengan panjang data 33 tahun dimulai dari tahun 1986 hingga 2019. Hal ini menyebabkan Kota Manado menjadi wilayah yang potensial diterjang bencana banjir ketika terjadi peristiwa cuaca ekstrem yang didukung dengan intensitas curah hujan lebat sampai dengan sangat lebat. Kejadian

alam inilah yang terkadang menjadikan suatu permasalahan. Untuk itu permasalahan ini dijadikan sebuah solusi atau memanfaatkan dari Curah hujan sebagai pembangkit energi.

Untuk mengubah suatu energi menjadi energi lain membutuhkan sebuah transduser. Transduser adalah suatu peralatan yang mengubah gaya atau perpindahan mekanis menjadi sinyal listrik (Trisnobudi, 2001). Pada penelitian ini transduser piezoelektrik dengan luasan tertentu dijadikan sebagai media konversi energi yaitu gaya tekan air hujan yang jatuh menjadi energi listrik, sedangkan sebelumnya telah dibuat sebuah rancang bangun penghasil energi listrik menggunakan piezoelektrik pada kursi goyang (Gifari, 2020)

Untuk memahami pemanenan energi tetesan hujan, pengetahuan tentang parameter penting diperlukan. Parameternya adalah ukuran, kecepatan jatuh, jenis tumbukan, dan energi kinetik tetesan hujan. Untuk memanen energi ini secara efektif, suatu transduser piezoelektrik dapat di desain dengan menghubungkan beberapa elemen piezoelektrik secara elektrik seri atau paralel. Parameter penting pemanenan

energi tetesan hujan dalam hubungannya dengan model rangkaian elektrik seri atau paralel elemen piezoelektrik dibuat untuk mendapatkan kinerja perubahan energi tetesan hujan menjadi energi listrik.

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana cara membuat pemanen energi listrik dengan memanfaatkan curah hujan melalui transduser piezoelektrik secara seri dan paralel.

Batasan dalam penelitian ini adalah penelitian hanya menggunakan piezoelektrik yang terbuat dari keramik tembaga *buzzer film* dan sistem yang digunakan hanya berfokus pada variasi tekanan tetesan air hujan yang diberikan pada prototipe.

Adapun tujuan dari penulisan penelitian ini adalah mendapatkan kinerja perubahan energi titik hujan menjadi energi listrik melalui sirkuit rangkaian piezoelektrik dan beda parameter curah hujan.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Hujan

Hujan adalah suatu proses fisis yang dihasilkan dari fenomena cuaca. Ada beberapa faktor fisis yang ikut

berperan terhadap proses terbentuknya hujan di wilayah Indonesia, di antaranya adalah garis lintang, ketinggian tempat, pola angin (angin pasat dan muson), sebaran bentang darat dan perairan, serta pegunungan dan gunung-gunung yang tinggi. Faktor-faktor tersebut, secara bersama-sama atau gabungan antara dua faktor atau lebih akan berpengaruh terhadap variasi dan tipe curah hujan (Tukidi, 2010).

Menurut Barani (2020) Untuk ukuran tetesan hujan yang khas, kecepatan jatuh akan berkisar seperti yang diuraikan berikut ini.

1. Tetes gerimis turun kira-kira pada kecepatan 0,7 hingga 2 m/s (2 hingga 7 ft/s) untuk ukuran drop berdiameter 0,2 hingga 0,5 mm.
2. Tetesan hujan turun dengan kecepatan sekitar 2 hingga 9 m/s (7 hingga 30 ft/s) untuk ukuran drop berdiameter 0,6 hingga 4 mm.
3. Ukuran drop yang lebih besar dari 4 atau 5 mm telah diamati turun sekitar 9 m/s (30 ft/s) dan tetes yang lebih besar hingga 13 m/s (42 ft/s) tetapi jarang terjadi.

2.2 Piezoelektrik

Piezoelektrik adalah fenomena yang ditemukan oleh Curie bersaudara pada tahun 1880 dimana dihasilkan listrik dari kristal yang mendapat tekanan mekanis (Maulana, 2016). Kata piezo sendiri merupakan bahasa Yunani yang berarti tekanan (Zhuu, 2010). Efek piezoelektrik dihasilkan dari interaksi elektro mekanik linear antara bagian mekanik dan listrik yang ada di dalam Kristal (Fleming, 2006).

Dalam kristal piezoelektrik, positif dan negatif muatan listrik dipisahkan, tetapi didistribusikan secara simetris, sehingga kristal secara keseluruhan netral secara elektrik. Ketika tekanan diterapkan, simetri ini terganggu, dan muatannya menjadi asimetri sehingga menghasilkan tegangan (Sharma, 2006).

Transduser Piezoelektrik merupakan salah satu jenis transduser aktif dengan prinsip kerja pembangkitan listrik dari bahan kristal piezo akibat gaya dari luar (Sharma, 2006). Transduser jenis ini dapat menerima inputan berupa suara, getaran maupun percepatan dalam cara kerjanya (Hananto, 2011).

2.3 Rangkaian Listrik

Rangkaian listrik adalah suatu kumpulan elemen atau komponen listrik

yang saling dihubungkan dengan cara-cara tertentu dan paling sedikit mempunyai satu lintasan tertutup. Hubungan antar elemen secara umum digolongkan menjadi dua yaitu secara seri dan paralel (Andi 2019). Rangkaian Seri adalah salah satu rangkaian listrik yang disusun secara sejajar (seri). Rangkaian seri terdiri dari dua atau lebih beban listrik yang dihubungkan ke catu daya lewat satu rangkaian (Andi, 2019). Rangkaian Paralel adalah salah satu rangkaian listrik yang disusun secara berderet (paralel). Rangkaian Paralel merupakan salah satu yang memiliki lebih dari satu bagian garis edar untuk mengalirkan arus. Dalam kendaraan bermotor, sebagian besar beban listrik dihubungkan secara paralel (Andi, 2019).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Laboratorium Teknik Mesin Unsrat pada bulan Juli 2021 sampai Januari 2022.

3.2 Bahan dan Peralatan

3.2.1 Alat

Sensor piezoelektrik, PCB board, microcontroller arduino mega, mesin

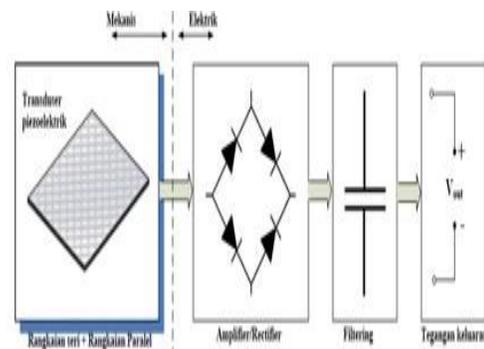
gerinda, mesin las, mesin bor, mesin pompa, meteran, waterpass, cutter.

3.2.2 Bahan

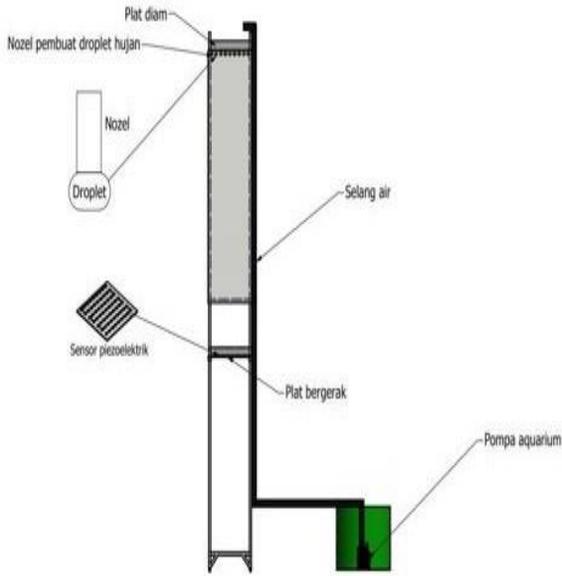
Aluminium hollow, besi hollow, pelat aluminium, resistor, kapasitor, akrilik 2 mm, kabel serabut, busa sponge, baut roofing, sedotan plastik, kabel jumper, pipa ½ inch.

3.3 Konsep Rancangan

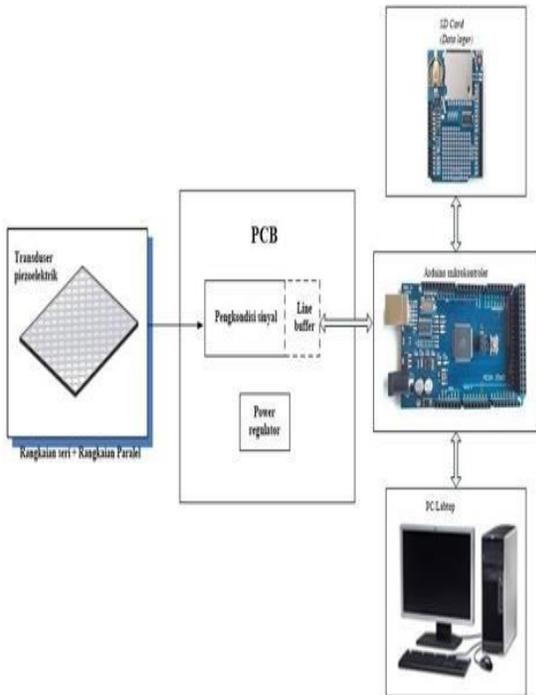
Gambar 3.1 adalah skematis model sirkuit transduser piezoelektrik pemanen listrik. Gambar 3.2 menunjukkan skematis rancangan piezoelektrik pemanen listrik. Gambar 3.3 menunjukkan skematis pengaturan pengukuran yang digunakan untuk menguji rangkaian pembacaan pemanan energi listrik dari transduser piezoelektrik.



Gambar 3.1 Skematis Model Sirkuit Transduser Piezoelektrik Pemanen Listrik



Gambar 3.2 Skematis Rancangan Piezoelektrik Pemanen Listrik



Gambar 3.3 Pengaturan Sistem Pengukuran

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perakitan dan Pembuatan Prototipe

Ada dua tahap dalam proses perakitan dan pembuatan prototipe. Pada tahap yang pertama dilakukan perakitan rangka prototipe yang fungsinya untuk meletakkan sensor piezoelektrik. Tahap

kedua adalah proses penyusunan rangkaian sensor piezoelektrik secara seri dan paralel.

4.1.1 Perakitan Rangka Prototipe

Rangka prototipe dibuat menyerupai menara setinggi 3 meter dengan menggunakan 4 buah *hollow aluminium* yang dirancang sedemikian rupa sehingga terlihat seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1. Gambar 4.2 menunjukkan puncak menara prototipe yang dirancang dan dibuat sebagai *nozzle-nozzle* yang fungsinya membuat droplet hujan buatan. *Nozzle* penghasil droplet hujan tersebut terbuat dari sedotan plastik, kemudian air akan dialirkan melalui pipa-pipa yang dibantu dengan pompa air. Gambar 4.3 menunjukkan bagian tengah menara, yang terdapat sebuah plat yang dapat digerakkan dan dapat disesuaikan ketinggian antara jarak *nozzle* dan plat yang digunakan. Plat ini juga digunakan sebagai tempat diletakkan sensor piezoelektrik rangkaian seri dan paralel, dari sensor piezoelektrik baik seri maupun paralel dihubungkan ke sistem instrumentasi untuk proses pembacaan hasil tegangan pada alat saat akan dilakukan pengujian, alat yang dihubungkan ke sistem instrumentasi ini

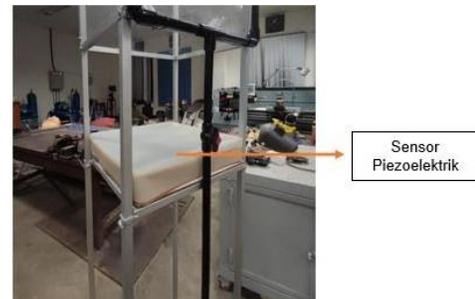
dapat dilihat pada Gambar 4.4.



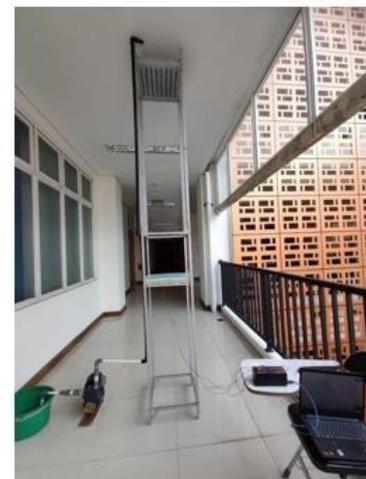
Gambar 4.1 Kerangka Prototipe



Gambar 4.2 Nozel Droplet Air Hujan



Gambar 4.3 Pelat Bergerak



Gambar 4.4 Alat dan Sistem Instrumentasi

4.1.2 Penyusunan Rangkaian Seri dan Paralel

Penyusunan rangkaian piezoelektrik dilakukan dengan menghubungkan 63 keping sensor piezoelektrik diatas keramik. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor piezoelektrik jenis PZT ($\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$) atau Lead Zirconate Titanate. Rangkaian yang telah disusun secara seri dan paralel dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6



Gambar 4.5 Rangkaian Seri Piezoelektrik



Gambar 4.6 Rangkaian Paralel Piezoelektrik

4.2 Hasil Pengambilan Data

Proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan sistem instrumentasi yang dirancang untuk membaca dan menulis data pada perangkat yang disambungkan saat

eksperimen dilakukan. Variasi ketinggian yang digunakan antara lain 170 cm, 190 cm, 210 cm, 230 cm, 250 cm, dan 270 cm. Penggunaan variasi ketinggian tersebut akan didapatkan data yang menentukan tegangan keluaran. Ada 2 proses pengujian dengan masing-masing ketinggian yang berbeda, yaitu pengujian alat pada rangkaian seri dan rangkaian paralel.

4.2.1 Pengujian Pada Rangkaian Seri

Tegangan keluaran yang diperoleh pada prototipe rangkaian seri dengan curah hujan dibaca dengan menggunakan mikrokontroler. Percobaan pada tiap ketinggian dilakukan sebanyak 10 kali dan setiap percobaan dilakukan selama 5 menit.

Tegangan rata-rata yang dihasilkan pada ketinggian 170 cm sebesar 2.45V pada pengujian pertama, pengujian kedua 2.42V, pengujian ketiga 2.43V, pengujian keempat 2.41V, pengujian kelima 2.38V, pengujian keenam 2.39V, pengujian ketujuh 2.41V, pengujian kedelapan 2.40V, pengujian kesembilan 2.37V, dan pengujian kesepuluh 2.39V.

Pada ketinggian 190 cm diperoleh tegangan rata-rata sebesar 2.31V pada

pengujian pertama, pengujian kedua 2.27V, pengujian ketiga 2.32V, pengujian keempat 2.33V, pengujian kelima 2.40V, pengujian keenam 2.41V, pengujian ketujuh 2.37V, pengujian kedelapan 2.37V, pengujian kesembilan 2.44V, dan pengujian kesepuluh 2.48V.

Tegangan rata-rata yang dihasilkan pada ketinggian 210 cm adalah pengujian pertama menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 2.25V, pengujian kedua 2.22V, pengujian ketiga 2.29V, pengujian keempat 2.29V, pengujian kelima 2.35V, pengujian keenam 2.29V, pengujian ketujuh 2.39V, pengujian kedelapan 2.41V, pengujian kesembilan 2.40V, dan pengujian kesepuluh 2.36V.

Tegangan rata-rata yang dihasilkan pada ketinggian 230 cm sebesar 2.25V, pengujian kedua 2.22V, pengujian ketiga 2.29V, pengujian keempat 2.29V, pengujian kelima 2.35V, pengujian keenam 2.29V, pengujian ketujuh 2.39V, pengujian kedelapan 2.41V, pengujian kesembilan 2.40V, dan pengujian kesepuluh 2.36V.

Pada ketinggian 250 cm diperoleh tegangan rata-rata sebesar 2.57V pada pengujian pertama, pengujian kedua 2.65V, pengujian ketiga 2.67V, pengujian

keempat 2.64V, pengujian kelima 2.64V, pengujian keenam 2.64V, pengujian ketujuh 2.68V, pengujian kedelapan 2.64V, pengujian kesembilan 2.63V, dan pengujian kesepuluh 2.65V.

Tegangan rata-rata yang dihasilkan pada ketinggian 270 cm adalah pengujian pertama menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 2.64V, pengujian kedua 2.63V, pengujian ketiga 2.62V, pengujian keempat 2.63V, pengujian kelima 2.64V, pengujian keenam 2.65V, pengujian ketujuh 2.63V, pengujian kedelapan 2.65V, pengujian kesembilan 2.64V, dan pengujian kesepuluh 2.65V.

4.2.2 Pengujian Pada Rangkaian Paralel

Pengujian pada rangkaian paralel dilakukan dengan cara yang sama, hanya dibedakan dari perakitan sensor piezoelektrik yang dibuat secara paralel. Tujuannya yaitu untuk melihat perbedaan tegangan rata-rata yang dihasilkan oleh masing-masing rangkaian terhadap tekanan curah hujan dengan beberapa variasi ketinggian.

Pada pengujian pertama di ketinggian 170 cm menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 2.03V, pengujian kedua 2.05V, pengujian ketiga 2.02V, pengujian keempat 2.05V,

pengujian kelima 2.04V, pengujian keenam 2.04V, pengujian ketujuh 2.06V, pengujian kedelapan 2.05V, pengujian kesembilan 2.03V, dan pengujian kesepuluh 2.05V.

Pada pengujian pertama di ketinggian 190 cm menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 2.10V, pengujian kedua 2.25V, pengujian ketiga 2.26V, pengujian keempat 2.26V, pengujian kelima 2.22V, pengujian keenam 2.19V, pengujian ketujuh 2.19V, pengujian kedelapan 2.27V, pengujian kesembilan 2.17V, dan pengujian kesepuluh 2.11V.

Pada pengujian pertama di ketinggian 210 cm menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 2.33V, pengujian kedua 2.39V, pengujian ketiga 2.39V, pengujian keempat 2.35V, pengujian kelima 2.32V, pengujian keenam 2.31V, pengujian ketujuh 2.29V, pengujian kedelapan 2.18V, pengujian kesembilan 2.13V, dan pengujian kesepuluh 2.15V.

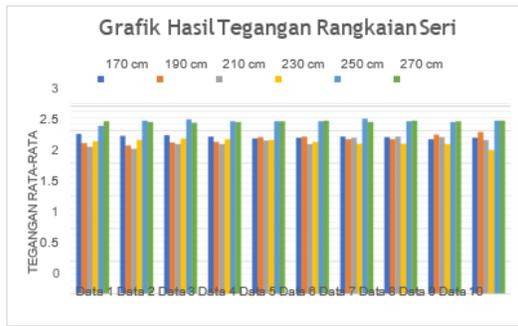
Pada pengujian pertama di ketinggian 230 cm menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 2.33 V, pengujian kedua 2.39 V, pengujian ketiga 2.39 V, pengujian keempat 2.35 V,

pengujian kelima 2.32 V, pengujian keenam 2.31V, pengujian ketujuh 2.29V, pengujian kedelapan 2.18V, pengujian kesembilan 2.13V, dan pengujian kesepuluh 2.15V.

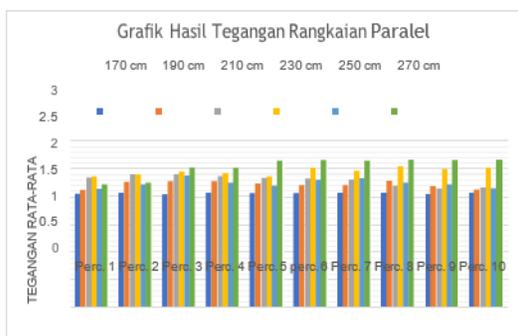
Pada pengujian pertama di ketinggian 250 cm menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 2.13V, pengujian kedua 2.21V, pengujian ketiga 2.37V, pengujian keempat 2.24V, pengujian kelima 2.19V, pengujian keenam 2.30V, pengujian ketujuh 2.32V, pengujian kedelapan 2.24V, pengujian kesembilan 2.21V, dan pengujian kesepuluh 2.15V.

Pada pengujian pertama di ketinggian 270 cm menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 2.21 V, pengujian kedua 2.24 V, pengujian ketiga 2.32 V, pengujian keempat 2.51 V, pengujian kelima 2.64 V, pengujian keenam 2.65 V, pengujian ketujuh 2.64 V, pengujian kedelapan 2.66 V, pengujian kesembilan 2.65 V, dan pengujian kesepuluh 2.65 V.

4.2.3 Grafik Hasil Pengujian Rangkaian Seri dan Paralel



Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian Rangkaian Seri



Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian Rangkaian Paralel

Dari data yang disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 menunjukkan bahwa pada sensor piezoelektrik yang disusun secara seri menghasilkan tegangan rata-rata yang lebih besar dan lebih konstan dari pada sensor piezoelektrik yang disusun secara paralel. Namun, pada ketinggian 270cm keduanya sama-sama menghasilkan tegangan rata-rata yang lebih tinggi daripada ketinggian dibawahnya.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa penelitian ini berhasil membuat sebuah prototipe yang berbahan utama piezoelektrik yang dapat mengubah curah hujan menjadi energi listrik. Hanya saja tegangan yang dihasilkan merupakan energi listrik berdaya rendah. Dari percobaan dengan berbagai variasi ketinggian menunjukkan ketinggian mempengaruhi tegangan rata-rata yang dihasilkan dimana pada ketinggian 270 cm rangkaian seri dan paralel memperoleh tegangan rata-rata yang lebih besar dibandingkan ketinggian dibawahnya.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengujian piezoelektrik dengan tipe yang lain, seperti piezoelektrik PVDF (Polyvinylidene Difluoride).
2. Perlu adanya pengembangan alat agar lebih efisien sehingga keluaran energi listriknya dapat digunakan secara massal

DAFTAR PUSTAKA

1. Andi, R. N., Risdayana., Eva Yuiani., Vovi. 2019. "Karakteristik Arus dan

- Tegangan pada Rangkaian Seri dan Rangkaian Paralel dengan menggunakan Resistor." Jurnal Ilmiah d'Computare Volume 9.
2. Barani, Jan. 2020. Barani Design. January 19.
<https://www.baranidesign.com/faq-articles/2020/1/19/rain-drop-size-and-speed-of-a-falling-rain-drop>.
 3. Fleming, S. R. Moheiman dan A. J. 2006. Piezoelectric Transducers for Vibration Control and Damping. London: Springer-Verlag.
 4. Gifari, Iqbal. 2020. Rancang Bangun Perangkat Penghasil Energi Listrik Menggunakan Piezoelektrik pada Kursi Goyang. Medan:Skripsi Program S1Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara
 5. Hananto, F. S., et al. 2011. "Applications of Piezoelectric Material Film PVDF (Polyvinylidene Flouride) As Liquid." Journal of Neutrino Vol. 3 No. 2 129-142.
 6. Maulana, Rizky. 2016. Pemanfaatan Sensor Piezoelektrik Sebagai Penghasil Sumber Energi. Surakarta: Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
 7. Sharma. 2006. Studies on Structural Dielectric and Piezoelectric Properties of Doped PCT Ceramics. Punjab: Deemed University.
 8. Trisnobudi., Amoranto. 2001. Aplikasi Ultrasonik. Bandung: Penerbit ITB.
 9. Tukidi. 2010. "Karakter Curah Hujan di Indonesia." Jurnal Geografi FIS UNES Vol. 7 No. 2.
 10. U. Mohan Rao., RK., Jarial and D., V. Kumar. 2011. "High Voltage Grounding Design, Maintenance, Experience : A Case Study." Medell Jounals Vol. 5 No. 6 224- 228.
 11. Yudhi P. T., Steven, S., dan Agustinus, J. 2016. "Penentuan Daya Listrik Rumah Tangga Menggunakan Metode Decision Tree." Jurnal Teknik Informatika Universitas Sam Ratulangi Vol. 9 No. 1.
 12. Zhuu, X. 2010. Piezoelectric Ceramics Materials: Processing, Properties, Characterization, and Applications. Nianjing: Nova Science Publishers.wira