



Desain dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan Menggunakan Piezoelectric Disk

**Dermawan Zebua¹, Demison Kolago², Yohanes Adi Chandra Wijaya³,
Yoga Alif Kurnia Utama⁴**

Teknik Elektro, Universitas Widya Kartika Surabaya

Email: dermawanzebua812@gmail.com¹, demizonkolago@gmail.com²,
superadi47@gmail.com³, yoga.alif@widyakartika.ac.id⁴

Abstrak

Bahan piezoelectric merupakan salah satu bahan yang jika terkena tekanan mekanik akan menghasilkan tegangan listrik. Bahan piezoelectric bersifat reversible yang artinya jika tegangan listrik diterapkan pada bahan piezoelectric, maka pada bahan tersebut terjadi deformasi mekanik. Karena kelebihan material ini, maka piezoelectric ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk membuat sistem yang dapat mengumpulkan energi (energy harvesting). Penelitian ini memanfaatkan bahan piezoelectric ini untuk membuat pembangkit listrik tenaga air hujan. Rintikan air hujan akan mengenai bahan piezoelectric tersebut dan mengeluarkan tegangan yang mana tegangan tersebut akan diukur menggunakan sensor tegangan dan Arduino Mega. Tegangan yang dibaca oleh Arduino Mega akan ditampilkan menggunakan TFT LCD. Pengujian dilakukan dengan cara membiarkan bahan piezoelectric terkena hujan dan angin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa makin cepat angin bertiup dan makin tinggi curah hujan yang mengenai piezoelectric maka makin tinggi tegangan yang dihasilkan oleh bahan piezoelectric tersebut.

Kata kunci: Arduino Mega, Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan, Piezoelectric, TFT LCD

Abstract

Piezoelectric material is one of material that if it exposed to mechanical pressure, it will produce electrical stress. Piezoelectric material is reversible which means that if an electrical voltage is applied to a piezoelectric material, then the material will occur mechanical deformation. Because of this reason, this piezoelectric can be used as material to create a system that can collect energy (energy harvesting). This research utilizes this piezoelectric material to make rainwater power plants. Raindrops will hit the piezoelectric material and produces the voltage where the voltage will be measured using a voltage sensor and Arduino Mega. The voltage which read by Arduino Mega will be displayed using the TFT LCD. Testing is done by leaving the piezoelectric material exposed to rain and wind. The results show that the faster the wind blows and the higher the rainfall that hits the piezoelectric, the higher the voltage produced by the piezoelectric material.

Keywords: *Arduino Mega, Rainwater Power Plant, Piezoelectric, TFT LCD*

A. PENDAHULUAN

Dalam era modern saat ini, energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok setiap manusia. Hampir semua aktifitas yang dilakukan oleh manusia berhubungan dengan listrik, baik untuk memenuhi kebutuhan proses produksi yang melibatkan alat/mesin industri, kebutuhan penerangan dan hiburan, terutama yang berkaitan dengan barang-barang elektronik seperti handphone, komputer, televisi, dan lain sebagainya. Oleh karena itu semakin banyak penduduk yang mendiami suatu negara maka kebutuhan listrik di negara tersebut juga akan menjadi sangat besar.

Indonesia merupakan negara yang memiliki jumlah penduduk terbesar ke-4 di dunia. Menurut Badan Pusat Statistik (Statistik, 2010), pada tahun 2016, Indonesia diprediksi memiliki jumlah penduduk sebanyak 257.912.349 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 1.49% per tahun. Jumlah penduduk sebanyak itu membutuhkan konsumsi energi listrik yang disediakan oleh pembangkit listrik nasional sebesar

232 TWh dimana kenaikannya mencapai 6.6% setiap tahunnya (BPPT Indonesia, 2017). Sayangnya tingginya kenaikan konsumsi energi listrik tersebut tidak diimbangi dengan kenaikan jumlah pembangkit listrik per tahunnya.

Menurut BPPT (Suryaningsih, Hidayat, & Abid, 2016), pada tahun 2015, pembangkit listrik nasional menghasilkan energi listrik sebesar 57.6 GW, dan mengalami pertumbuhan sebesar 6.3% setiap tahunnya. Dari sini dapat dilihat bahwa Indonesia mengalami ketimpangan antara kenaikan konsumsi listrik dengan kenaikan jumlah pembangkit listrik yaitu sebesar 0.3% per tahun.

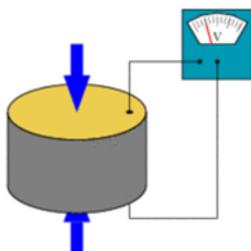
Kekurangan energi listrik ini akan berimbas negatif pada masyarakat. Padahal menurut PT PLN hampir 43.7% energi listrik paling banyak digunakan pada sektor rumah tangga (Mineral, 2015). Hal ini menjadi permasalahan serius yang harus segera ditangani. Oleh karena itu, diperlukan suatu energi alternatif yang dapat membantu kebutuhan listrik masyarakat terutama yang berada pada sektor rumah tangga.

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki dua musim yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Selain itu, karena letak geografisnya, Indonesia selalu menerima hujan sepanjang tahun sehingga memiliki curah hujan yang tinggi yaitu sebesar 2000-3000 mm per tahun (Kharisna, Widyastuti, Priyatno, & Kamaliyah, 2017). Pada kegiatan PKM ini, Tim akan memanfaatkan tingginya curah hujan ini untuk mendapatkan energi listrik alternatif. Energi kinetik yang terdapat pada air hujan akan diubah menjadi energi listrik.

Proses perubahan energi ini membutuhkan bahan yang disebut piezoelectric. Bahan piezoelectric merupakan sebuah bahan yang dapat

mengeluarkan tegangan listrik jika bahan tersebut terkena suatu tekanan atau getaran (Wijanto, Harsono, Renandy, Septian, & Sutanto, n.d.).

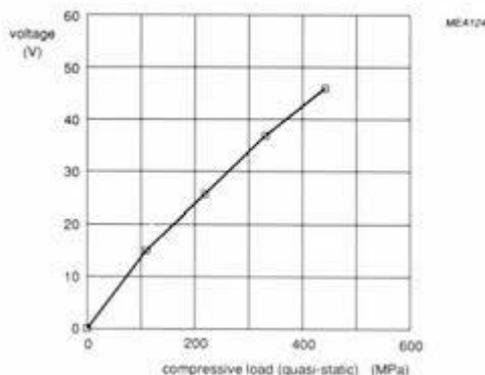
Piezoelectric sebuah bahan yang memiliki sifat yang unik. Penerapan getaran/tekanan pada kristal *piezoelectric* akan membangkitkan tegangan listrik karena terjadi polarisasi pada muatannya (Hidayatullah, Syukri, & Syukriyadin, 2016). Sifat ini disebut sifat piezoelektrisitas. Sifat ini diperlihatkan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Sifat Piezoelektrisitas

(Almanda, Dermawan, Diniardi, Syawaluddin, & Ramadhan, 2016)

Piezoelektrisitas adalah suatu kemampuan yang dimiliki sebagian kristal yang dapat menghasilkan arus listrik jika mendapat perlakuan tekanan. Efek piezoelektrisitas dapat dimanfaatkan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Oleh karena itu, bahan piezoelektrik sering digunakan sebagai konverter antara energi mekanik ke energi listrik. Hubungan antara tekanan mekanis dan tegangan listrik yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Hubungan antara Tegangan dan Tekanan Mekanis

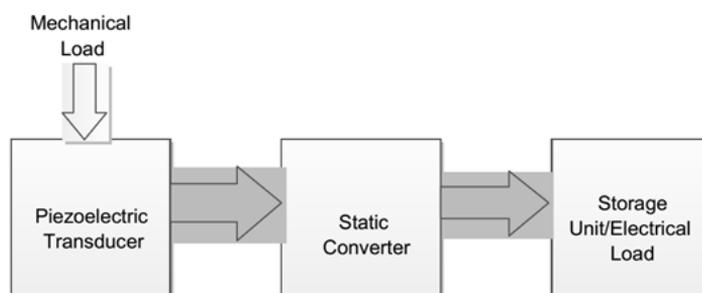
Gerakan mekanik yang menghasilkan energi listrik ini mengilhami beberapa orang untuk mengkonversi energi dari gerakan mobil ke energi listrik (Hidayatullah et al., 2016). Gerakan mobil ini ditangkap ketika mobil melewati polisi tidur. Lima modul kecil piezoelektrik dirangkai secara paralel dengan sebuah polisi tidur.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan mobil penguji sebanyak 60 kali selama 1200 detik. Pengujian ini menghasilkan daya listrik maksimal sebesar 75.264 mWh. Dari sini dapat disimpulkan bahwa tekanan yang ditimbulkan oleh mobil dapat menghasilkan energi listrik.

Tidak hanya itu, piezoelectric juga dapat digunakan untuk mengkonversi tekanan kaki saat berjalan di atas lantai (Boby, K, Anumol, Thomas, & Nimisha, 2014). Pengujian dilakukan dengan beberapa orang dengan berat rata-rata sebesar 75 kg berjalan di atas lantai yang telah terpasang bahan piezoelectric. Hasilnya adalah piezoelectric mampu mengkonversi pijakan kaki menjadi tegangan listrik sampai 40 V dengan daya bisa sampai 90mW.

Selain tekanan, piezoelectric juga dapat menangkap getaran mekanis untuk diubah ke energi listrik. Pada suatu penelitian (Febrawi &

W., 2013), piezoelectric digunakan untuk menangkap getaran yang terjadi ketika mesin cuci bekerja untuk diubah menjadi energi listrik. Bahan merupakan tersebut ditempel di sebuah stainless steel beam kecil yang dipasang pada mesin cuci. Setelah itu dilakukan pengukuran di 4 kondisi yaitu pencucian, pembilasan dan pengeringan 1 dan pengeringan 2. Dari 4 kondisi tersebut rata-rata energi listrik yang dihasilkan adalah sebesar 37mW.



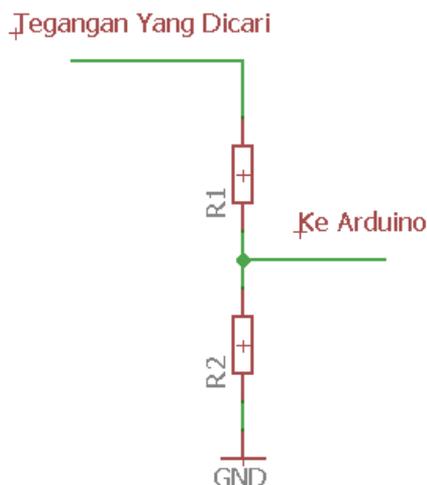
Gambar 3. Skematik Diagram Piezoelektrik sebagai Pengumpul Energi (Kumar, Chaturvedi, & Jejurikar, 2014)

Dalam penggunaannya, agar dapat mengumpulkan energi listrik, maka bahan piezoelectric memerlukan sebuah rangkaian konverter statis dan unit penyimpanan. (Ramli & Irfan, 2017). Ketika terjadi kontak berupa tekanan atau getaran, piezoelectric akan mengeluarkan muatan listrik. Perubahan muatan listrik ini akan menimbulkan pulsa arus. Rangkaian konverter statis berfungsi untuk menyimpan pulsa arus ini ke dalam sebuah unit penyimpanan seperti battery. Skematik diagram hubungan ketiganya dapat dilihat pada Gambar 3 di atas.

Hal yang terpenting lainnya, dalam sistem ini juga diperlukan sebuah sensor yang akan digunakan untuk memonitor tegangan yang dihasilkan oleh piezoelectric karena hujan yang mengenai piezoelectric.

Sensor tersebut adalah sensor tegangan. Sensor tegangan berfungsi membaca nilai tegangan suatu rangkaian. Tegangan ini akan diturunkan kemudian dibaca oleh sebuah mikrokontroler yang mana dalam penelitian ini menggunakan arduino dengan jenis arduino mega.

Mikrokontroler dapat membaca nilai tegangan dengan memanfaatkan pin analog yang mana pin analog ini mempunyai batas tegangan minimal yaitu 0V dan tegangan maksimal adalah 5V. Jika range tegangan yang ingin dicari atau dibaca diantara 0-5V bisa langsung menggunakan pin analog, sedangkan jika range tegangan yang dibaca lebih dari 5V harus menggunakan rangkaian tambahan yakni pembagi tegangan karena pin arduino bekerja pada maksimal 5V. Rangkaian pembagi tegangan inilah yang ada di dalam modul sensor tegangan. Rangkaian pembagi tegangan dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Sensor Tegangan

Bahan piezoelectric ini akan dipasang di atap rumah sehingga tekanan atau getaran yang diakibatkan oleh air hujan akan mengenai bahan piezoelectric tersebut sehingga akan muncul tegangan listrik.

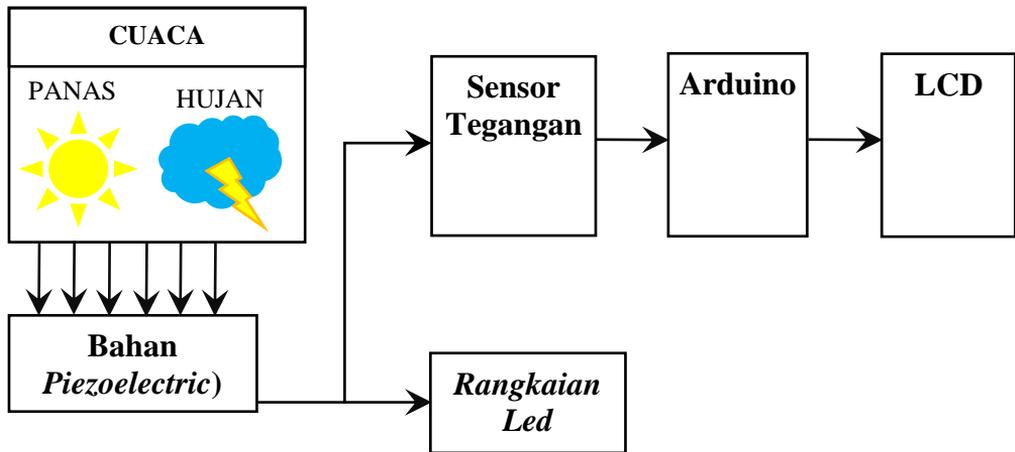
Tegangan listrik ini dapat dipakai untuk membantu konsumsi listrik dalam sektor rumah tangga. Oleh karena itu diharapkan kegiatan ini dapat menghasilkan sebuah prototipe yang dapat menghasilkan sebuah solusi alternatif dalam membantu kesediaan energi listrik untuk sektor rumah tangga.

B. METODE

Metode yang dilakukan untuk membuat penelitian ini terbagi dalam beberapa bagian, yaitu sebagai berikut.

1. Perancangan Alat

Target hasil kegiatan ini berupa sebuah prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan (“PETIR”) dengan memanfaatkan bahan piezoelectric yang dapat menghasilkan listrik apabila terkena tekanan atau getaran. Komponen penyusunnya dapat dilihat pada blok diagram yang ditunjukkan pada Gambar 5. di bawah ini.



Gambar 5. Perancangan Blok Sistem

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, sistem ini terdiri dari konverter energi berupa piezo electric yang akan mengkonversi energi kinetik hujan ke energi listrik, yang nantinya energi listrik ini akan digunakan untuk menyalakan sebuah beban berupa rangkaian led. Selain itu pada sistem ini juga terdapat sebuah sensor tegangan yang digunakan untuk memonitor tegangan yang dihasilkan oleh piezoelectric. Nilai tegangan ini akan dibaca oleh sebuah Arduino, yang nilai tegangan ini akan ditampilkan ke TFT LCD. Tampilan TFT LCD dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini



Gambar 6. TFT LCD For Arduino

Thin-film Transistor, disingkat dengan TFT, merupakan salah satu tipe layar *Liquid Crystal Display* (LCD) yang datar, di mana tiap-tiap pixel dikontrol oleh satu hingga empat transistor. Teknologi ini menyediakan resolusi terbaik dari teknik panel data. Layar TFT sering disebut juga active-matrix LCD. Layar ini bisa menampilkan gambar yang kaya warna tapi mahal dan permukaannya sensitif terhadap sentuhan. Selain itu layar ini tidak cocok untuk tampilan yang eksak seperti misalnya untuk CAD.

2. Pengujian Alat

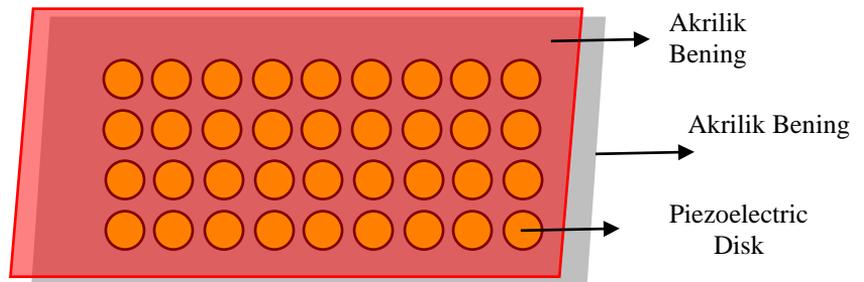
Setelah sistem tersebut dibuat, maka dilakukan pengujian untuk mengetahui berapa tegangan yang dihasilkan oleh sistem tersebut ketika terjadi cuaca hujan. Di dalam hujan terdapat beberapa sumber energi kinetik yaitu yang berasal dari hujan dan angin. Pengukuran tegangan ini juga diiringi dengan pengukuran kecepatan angin dan curah hujan yang terjadi. Dari sini dapat dilihat pengaruh kecepatan angin dan besar curah hujan terhadap tegangan yang dihasilkan oleh sistem “PETIR” ini.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa alat ini merupakan sebuah sistem yang mengkonversi dari energi kinetik hujan menjadi energi listrik yang akan digunakan untuk menyalakan sebuah beban berupa rangkaian led. Oleh karena itu, maka bahan piezoelectric harus disusun sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi arus listrik dan tegangan listrik yang dibutuhkan oleh rangkaian beban.

Pada penelitian ini bahan *piezoelectric* dibuat dari *piezoelectric disk* dengan diameter sebesar 35 mm, akrilik bening dengan ukuran sebesar 50 cm x 50 cm, dan akrilik bening dengan ketebalan 2 mm

dengan ukuran yang sama yaitu sebesar 50 cm x 50 cm serta 2 buah per. Pemasangan keempat bahan tersebut ditunjukkan pada Gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Piezoelectric untuk Sistem PETIR

Setelah dibuat, alat tersebut dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Kotak Piezoelectric Sistem PETIR

Ketika dibuka, sistem tersebut terdiri dari 144 *piezoelectric* dengan diameter 35 mm dengan sisi sebanyak 12 *piezoelectric disk* x 12 *piezoelectric disk* yang terlihat seperti pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Kotak Piezoelectric Sistem PETIR

Setelah pemasangan piezoelectric tersebut maka dilanjutkan dengan pemasangan rangkaian untuk sistem PETIR. Rangkaian tersebut terdiri dari rangkaian rangkaian untuk menampilkan tegangan piezoelectric dan rangkaian beban. Pada rangkaian yang berfungsi menampilkan tegangan piezoelectric, menggunakan Arduino Mega dan Display TFT 18”.



Gambar 10. Rangkaian Monitoring Tegangan

Setelah semua dibuat maka dilakukan pengujian kedua dimana bertujuan untuk mengetahui performa dari sistem PETIR ini dalam menghasilkan tegangan listrik dalam kondisi hujan dan berangin serta mengetahui performa pada sistem ini. Tegangan listrik dimonitor menggunakan rangkaian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 di atas ini.

Sistem ini dicoba, di kondisi berangin dan hujan. Karena hujan tidak kunjung datang maka tim membuat hujan buatan dengan menggunakan shower. Air yang jatuh ke *piezoelectric* juga diukur untuk menentukan besar curah hujan yang terjadi. Selain itu, pada kondisi berangin, kecepatan angin juga diukur untuk menentukan pengaruh tegangan yang dihasilkan dari *piezoelectric* dengan kecepatan angin. Hasil dari pengujian tersebut ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Uji Tegangan

No	Kecepatan Angin (m/s)	Curah Hujan (mm)	Tegangan (V)
1	0.3	2.4	20V
2	0.8	3.1	25V
3	0.9	3.7	28V
4	1.1	4.3	30
5	1.3	4.5	39V

Dari data pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kecepatan angina dan semakin besar curah hujan maka tegangan yang dihasilkan oleh sistem PETIR ini juga meningkat. Tetapi ketika sistem ini dipakai untuk menyalakan sebuah beban di mana beban yang digunakan adalah berjenis LED, maka sistem tidak dapat lama dalam menyalakan LED. Hal ini dikarenakan walaupun teganganya tinggi, tetapi daya yang dihasilkan oleh sistem ini sangat rendah. Oleh karena itu arus yang

melewati LED sangat kecil, sehingga LED tidak dapat bertahan lama ketika menyala.

D. PENUTUP

Simpulan dan Saran

Ada beberapa kesimpulan dapat diambil dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. *Piezoelectric disk* yang menghasilkan tegangan listrik paling tinggi adalah *piezoelectric disk* yang memiliki luas permukaan paling besar. Makin besar diameter *piezoelectric disk* makin besar tegangan yang dihasilkan.
2. Semakin tinggi kecepatan angin dan semakin besar curah hujan maka tegangan yang dihasilkan oleh sistem *piezoelectric disk* ini juga meningkat.
3. Daya yang dihasilkan oleh *piezoelectric disk* rendah sehingga tidak dapat digunakan untuk menyalakan beban yang besar.

Dalam menanggulangi daya piezoelectric yang rendah maka perlu dilakukan perbaikan pada penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut.

1. *Piezoelectric disk* yang digunakan lebih baik dibuat sendiri agar piezoelectric disk tersebut dapat memiliki diameter lebih besar lagi.
2. *Piezoelectric disk* dipasang secara paralel sebanyak-banyaknya agar arus yang dihasilkan menjadi lebih tinggi. Jadi daya piezoelectric akan semakin meningkat pula.

DAFTAR PUSTAKA

- Almanda, D., Dermawan, E., Diniardi, E., Syawaluddin, & Ramadhan, A. I. (2016). Pengujian Desain Model Piezoelektrik PvdF Berdasarkan Variasi Tekanan. In *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2016* (pp. 1–6).
- Boby, K., K, A. P., Anumol, C. V, Thomas, J. A., & Nimisha, K. K. (2014). Footstep Power Generation Using Piezo Electric Transducers. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, 3(10), 264–267.
- BPPT Indonesia. (2017). *Outlook Energy Indonesia 2017 Indonesia Energy Outlook 2017 Inisiatif Pengembangan Teknologi Energi Bersih/Clean Energy Technology Development Initiatives*. (I. Fitriana, Anindhita, A. Sugiyono, L. M. A. Wahid, & Adiarso, Eds.). Jakarta.
- Febrawi, T., & W., B. D. (2013). Vibration Energy Harvesting Pada Mesin Cuci Dengan Mekanisme Piezoelectric. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 1–5.
- Hidayatullah, W., Syukri, M., & Syukriyadin. (2016). Perancangan Prototype Penghasil Energi Listrik. *KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro*, 1(3), 63–67.
- Kharisna, N., Widyastuti, S., Priyatno, D., & Kamaliyah, N. (2017). “ Power Plant Microhydro At Home ” Solusi Pemenuhan Listrik Daerah Curah Hujan Tinggi. *Journal of Creativity Student*, 2(1), 34–41.
- Kumar, D., Chaturvedi, P., & Jejurikar, N. (2014). Piezoelectric Energy Harvester Design and Power Conditioning. In *EEE Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science, SCEECS 2014* (pp. 1–6). <https://doi.org/10.1109/SCEECS.2014.6804491>.
- Mineral, K. E. dan S. D. (2015). *Statistik Ketenagalistrikan 2015* (29th ed.). Jakarta.

- Ramli, M. I., & Irfan. (2017). Perancangan Sound Energy Harvesting Berbasis Material Material Piezoelektrik untuk Memanfaatkan Kebisingan di Sepanjang Ruas Pantai Losari Menuju Losari sebagai Ruang Publik Hemat Energi. *Hasanuddin Student Journal*, 1(1), 66–72.
- Statistik, B. P. (2010). Jumlah dan Distribusi Penduduk. Retrieved from <https://sp2010.bps.go.id/index.php/site?id=0000000000&wilayah=Indonesia>.
- Suryaningsih, S., Hidayat, S., & Abid, F. (2016). Rancang Bangun Alat Pemantau Penggunaan Energi Listrik Rumah Tangga Berbasis Internet. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016*, V, 87–90. <https://doi.org/10.21009/0305020617>
- Wijanto, E., Harsono, B., Renandy, R., Septian, A., & Sutanto, K. (n.d.). Pengujian Sistem Konversi Energi Suara menjadi Energi Listrik menggunakan Piezoelektrik. *Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 17(1), 59–68.