

ANALISA TEGANGAN DAN ARUS PADA SISTEM KONVERSI ENERGI SUARA DAN ENERGI TEKANAN PIJAKAN MENJADI ENERGI LISTRIK MENGGUNAKAN KOMPONEN PIEZOELEKTRIK

VOLTAGE AND CURRENT ANALYSIS IN THE CONVERSION SYSTEM OF SOUND ENERGY AND PRESSURE ENERGY INTO ELECTRICAL ENERGY USING PIEZOELECTRIC COMPONENTS

Reza Habiib Aulia¹, Sudarmono Sasmono², Cahyantari Ekaputri³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

rezahabiibaulia@student.telkomuniversity.ac.id¹, ssasmono@telkomuniversity.ac.id², cahyantarie@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Indonesia dalam pemenuhan energi masih bergantung dengan energi yang berasal 92% fosil dan 8% energi terbarukan. Kawasan Industri salah satu nya adalah kawasan yang masih menggunakan energi fosil dalam pemenuhan kebutuhannya. Energi terbarukan menjadi salah satu solusi untuk mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan energi yang berasal dari fosil di lingkungan kawasan industri. Pada penelitian ini akan dirancang sebuah prototipe konversi hybrid energi suara yang berasal dari suara dan energi tekanan pijakan yang berasal dari aktivitas berjalan manusia menjadi energi listrik dengan bahan piezoelektrik. Energi listrik yang dihasilkan akan disimpan sementara di kapasitor. Hasil keluaran yang paling tinggi dari pengujian adalah dengan menggunakan intensitas suara 100 dB sampai 110 dB dan massa manusia 95 kg. Pada pengujian prototipe untuk menganalisa keluaran dari konversi energi hybrid yaitu menggunakan kapasitor 10 μF , 100 μF , dan 1000 μF dengan nilai tegangan *open circuit* dan arus *short circuit* yang tersimpan pada kapasitor selama 60 detik sebesar 11,49 V dan 6,60 mA, 4,04 V dan 1,76 mA, dan 0,54 V dan 0,014 mA. Nilai pada kapasitansi mempengaruhi cepat lambatnya pengisian pada kapasitor.

Kata kunci : Energi suara, Energi Tekanan Pijakan, Energi Listrik, Konversi Energi, Piezoelektrik.

Abstract

Indonesia in fulfilling energy still relies on energy that comes from 92% fossil and 8% renewable energy. One of the industrial estates is an area that still uses fossil energy to fulfill its needs. Renewable energy is one solution to reduce dependence on the use of energy derived from fossils in the industrial area. In this study, a prototype hybrid conversion of sound energy derived from sound and footing pressure energy from human walking activities will be designed into electrical energy using piezoelectric materials. The electrical energy produced will be stored temporarily in the capacitor. The highest output from the test is to use a sound intensity of 100 dB to 110 dB and a human mass of 95 kg. In testing the prototype to analyze the output of the hybrid energy conversion using 10 μF , 100 μF , and 1000 μF capacitors with open circuit voltage values and short circuit current stored on the capacitor for 60 seconds of 11.49 V and 6.60 mA, 4.04 V and 1.76 mA, and 0.54 V and 0.014 mA. The value of the capacitance affects the speed at which the capacitor charges

Keywords: Sound Energy, Stepping Pressure Energy, Electrical Energy, Energy Conversion, Piezoelectric.

1. Pendahuluan

Indonesia dalam pemenuhan energi masih bergantung dengan energi yang berasal 92% fosil dan 8% energi terbarukan[1]. Kawasan Industri salah satu nya adalah kawasan yang masih menggunakan energi fosil dalam pemenuhan kebutuhannya. Kekayaan Indonesia dalam hal energi terbarukan memiliki potensi sekitar 442 GW, tetapi energi terbarukan yang diterapkan di Indonesia baru mencapai sekitar 9,32 GW[1]. Energi terbarukan memiliki keunggulan, yaitu energi terbarukan tidak akan habis selama siklus alam berlangsung, dapat mengurangi polusi lingkungan, dan ramah lingkungan[2].

Salah satu penerapan sistem energi hybrid yang dapat dimanfaatkan di lingkungan kawasan industri adalah dengan memanfaatkan sumber energi yang ada di lingkungan industri. Sumber energi yang bisa dimanfaatkan adalah energi suara yang berasal dari kebisingan pabrik dan energi tekanan yang berasal dari pijakan aktivitas manusia yang melakukan kegiatan di lingkungan industri. Kebisingan adalah polusi suara yang biasanya ditemukan di daerah yang padat, Kawasan industri, dan lain-lain[3]. Kebisingan yang ada di kawasan industri dapat menjadi sumber energi terbarukan dengan cara memanfaatkan energi suara kebisingan tersebut untuk diubah menjadi energi listrik dengan konsep konversi energi menggunakan bahan piezoelektrik. Bahan piezoelektrik adalah bahan yang dapat menghasilkan tegangan listrik dikarenakan mendapat perubahan dimensi yang diakibatkan oleh gaya tarik atau gaya tekan yang dialaminya[4]. Selain energi suara, energi pijakan juga energi yang ada di sekitar kawasan industri yang dapat dimanfaatkan untuk menjadi energi listrik. Energi pijakan dapat diperoleh dari aktivitas yang ada di kawasan industri.

Penelitian Tugas Akhir ini bertujuan Merancang sebuah prototipe dan meninjau arus dan tegangan pada pengisian kapasitor di konversi energi hybrid dengan memanfaatkan energi suara dari speaket dan energi tekanan pijakan dari aktivitas berjalan manusia menjadi energi listrik. Penerapan konversi energi yang akan dilakukan memerlukan bahan piezoelektrik sebagai komponen untuk melakukan konversi energi. Piezoelektrik dapat menjadi komponen yang berfungsi sebagai bahan untuk konversi energi getaran yang dihasilkan dari energi suara dan energi pijakan yang membuat piezoelektrik tersebut mendapat perubahan dimensi sehingga piezoelektrik dapat menghasilkan listrik[4]. Tegangan AC dan arus listrik AC yang dihasilkan dari konversi energi akan diubah menjadi tegangan DC dan arus listrik DC menggunakan rangkaian penyearah. Tegangan DC dan Arus listrik DC akan disimpan sementara di kapasitor. Diharapkan pada penelitian ini dapat menghasilkan energi listrik yang berasal dari energi terbarukan yang ramah lingkungan dan mengurangi pemakaian energi listrik yang berasal dari energi sumber fosil pada kawasan industri

2. Dasar Teori dan Metodologi Perancangan

2.1. Energi Suara

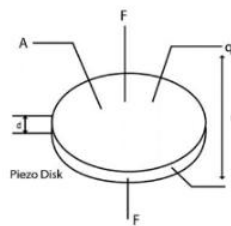
Energi Suara adalah salah satu sumber energi terbarukan yang tersedia sangat luas dengan jangkauan paling luas hingga tak terbatas. Secara definisi pengertian suara adalah gelombang mekanis yang merupakan osilasi tekanan ditransmisikan melalui suatu media seperti air atau udara yang terdiri dari frekuensi – frekuensi tertentu[5]. Gelombang mekanis yang melalui media air dan gas suara akan ditransmisikan menjadi gelombang longitudinal sedangkan apabila melalui benda padat maka suara akan ditransmisikan menjadi gelombang longitudinal dan transversal[6]. Suara adalah gelombang mekanik, Menurut hukum termodinamika menyatakan bahwa energi mekanik dapat diubah menjadi energi listrik[5].

2.2. Energi Pijakan

Energi pijakan dapat diperoleh dari langkah kaki manusia. Pijakan langkah kaki manusia adalah salah satu sumber energi yang terbarukan dan tidak terputus[7]. Energi yang diperoleh dari pijakan langkah kaki manusia berupa energi tekanan. Energi tekanan tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk membuat bahan piezoelektrik menghasilkan energi listrik. Energi tekanan yang berasal dari pijakan manusia dapat menghasilkan energi listrik dengan pengaruh dari massa manusia yang akan melakukan pijakan.

2.3. Piezoelektrik

Piezoelektrik adalah sebuah bahan yang apabila diberi perubahan dimensi dikarenakan gaya tarik dan gaya tekanan secara langsung pada bahan piezoelektrik atau bebentuk getaran yang mengenai bahan piezoelektrik akan menghasilkan tegangan listrik. Bahan piezoelektrik memiliki kemungkinan untuk dijadikan konverter antara energi listrik dan gerakan mekanis dikarenakan memiliki efek piezoelektrik. Efek piezoelektrik adalah kemampuan bahan piezoelektrik untuk menghasilkan energi listrik dikarenakan respon bahan terhadap gerakan mekanis[4].



Gambar 1. Persamaan Bahan Piezoelektrik[4]

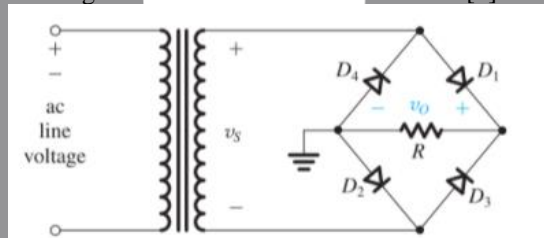
$$u = \frac{d_{33} \times d}{e_{33} \times A} \times F \tag{1}$$

Keterangan :

- u : Voltage (V)
- F : Gaya (N)
- A : Luas elektroda/diameter (mm)
- d : Ketebalan elektroda piezo (mm)
- d_{33}, e_{33} : koefisien piezoelektrik dari bahan yang digunakan (Pc/N)

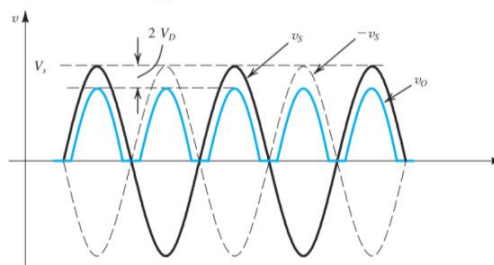
2.4. Rangkaian Penyearah (Bridge Rectifier)

Rangkaian ini bekerja dengan meninjau siklus positif tegangan AC input dan siklus negatif tegangan AC input. Pada saat siklus positif dari input maka arus akan melalui D1, resistor R, dan D2 Sedangkan D3 dan D4 akan diberi bias mundur. Pada saat siklus negatif dari input maka arus akan melalui D3, R, dan D4 sedangkan D1 dan D2 diberi bias mundur[8].



Gambar 2. Rangkaian Penyearah[8]

Rangkaian ini bekerja dengan meninjau siklus positif tegangan AC input dan siklus negatif tegangan AC input. Pada saat siklus positif dari input maka arus akan melalui D1, resistor R, dan D2 Sedangkan D3 dan D4 akan diberi bias mundur. Pada saat siklus negatif dari input maka arus akan melalui D3, R, dan D4 sedangkan D1 dan D2 diberi bias mundur[8].



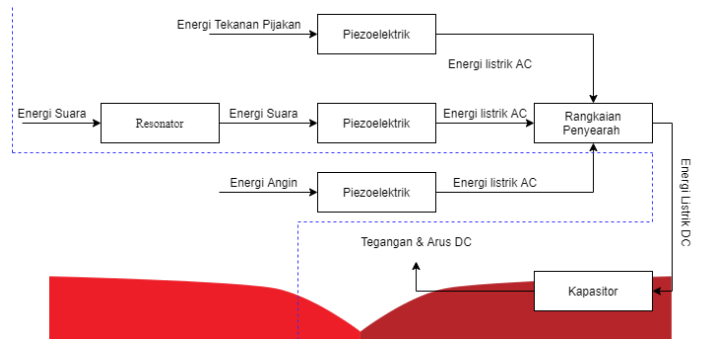
Gambar 3. Hasil dari Rangkaian Penyearah[8]

Hasil dari rangkaian bridge rectifier adalah input siklus positif akan tetap berada positif sedangkan input siklus negatif akan berubah menjadi positif. Hal ini terjadi dikarenakan arus mengalir melalui R dalam arah yang sama (dari kanan ke kiri) maka dari itu V_o akan bernilai selalu positif[8].

3. Pembahasan

3.1. Blok Diagram Sistem

Gambar merupakan blok diagram sistem keseluruhan yang akan dirancang pada penelitian ini dan garis putus – putus biru menandakan blok diagram sistem individu sebagai berikut.

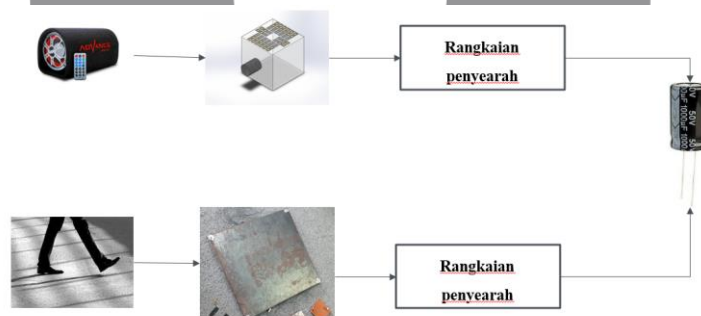


Gambar 4. Diagram Blok Sistem

Pada penelitian ini secara individu fokus membahas merancang prototipe konversi hybrid energi suara dan energi tekanan pijakan menjadi energi listrik menggunakan bahan piezoelektrik. Energi suara dan energi tekanan pijakan dimanfaatkan sebagai sumber energi yang akan di konversi menjadi energi listrik. Pada penelitian ini resonator berfungsi untuk menangkap suara dari kompresor. Bahan piezoelektrik berfungsi sebagai media yang mengkonversi energi tekanan yang berasal dari suara dan pijakan menjadi energi listrik. Arus dan tegangan yang dihasilkan oleh bahan piezoelektrik adalah arus dan tegangan AC. Arus dan Tegangan AC diubah menjadi DC dengan menggunakan rangkaian penyearah. Setelah itu akan dilakukan peninjauan nilai Arus DC dan Tegangan DC menggunakan multimeter. Arus DC dan Tegangan DC akan disimpan sementara di kapasitor.

3.2. Desain Perangkat Keras

Dalam merealisasikan protitpe yang akan dibuat maka akan dirancang prototipe seperti gambar berikut :

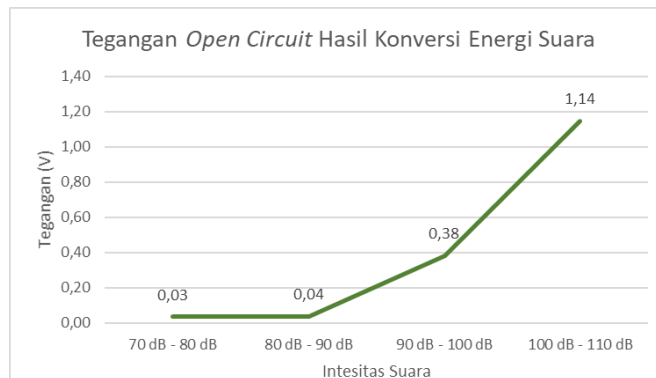


Gambar 5. Desain Perangkat Keras

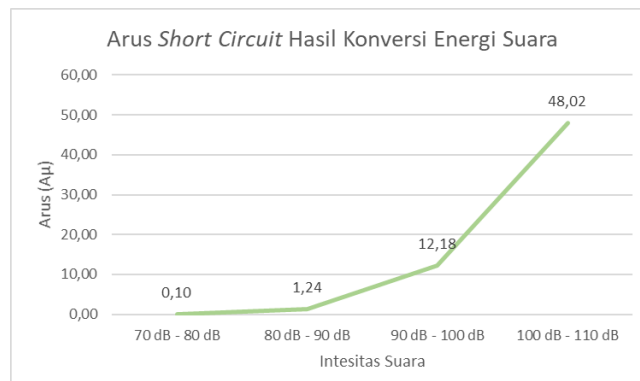
Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa perangkat keras terdiri dari speaker yang berfungsi sebagai sumber energi suara pada prototipe, resonator sebagai pengumpul energi suara, papan pijakan sebagai tempat pijakan, rangkaian penyearah sebagai rangkaian yang mengubah tegangan AC dan arus AC menjadi tegangan DC dan arus DC, dan kapasitor sebagai penyimpanan tegangan dan arus sementara dari hasil konversi energi. Pada prototipe juga terdapat piezoelektrik yang dari setiap sumber energi rangkaian piezoelektriknya berbeda. Rangkaian piezoelektrik pada konversi energi suara menjadi energi listrik tersusun atas 16 kombinasi 2 piezoelektrik yang disusun secara seri dan dihubungkan dengan dioda *bridge*. Setiap diode *bridge* akan disusun secara paralel dengan dioda *bridge* lainnya. Sedangkan Rangkaian piezoelektrik pada konversi energi tekanan pijakan menjadi energi listrik tersusun atas 30 kombinasi 3 piezoelektrik yang disusun secara seri dan dihubungkan dengan dioda *bridge*. Setiap diode *bridge* akan disusun secara paralel dengan dioda *bridge* lainnya.

3.3. Pengujian Konversi Energi Suara menjadi Energi Listrik

Pengujian konversi energi suara menjadi energi listrik bertujuan untuk meninjau nilai tegangan dan arus yang dihasilkan dari konversi energi suara menjadi energi listrik. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sumber suara yang memiliki intensitas 100 dB hingga 110 dB dengan melakukan 5 kali uji coba. Pada penelitian ini arus dan tegangan akan ditinjau melalui multimeter digital.



Gambar 7. Grafik Tegangan Open Circuit Hasil Konversi Energi Suara

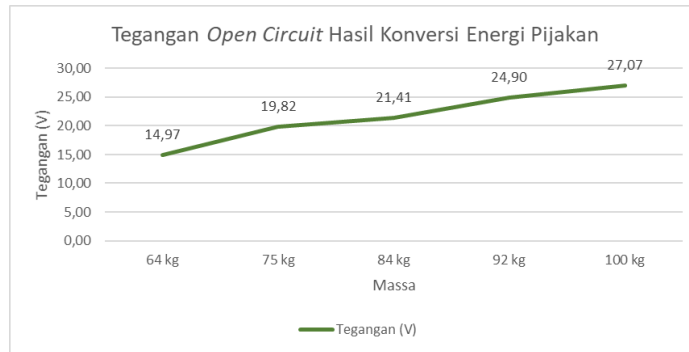


Gambar 6. Grafik Arus Short Circuit Hasil Konversi Energi Suara

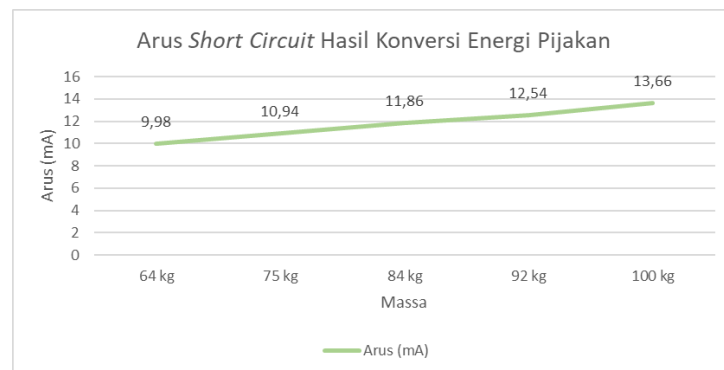
Hasil yang didapatkan pada pengujian ini adalah nilai tegangan dan arus yang paling kecil terdapat di intensitas suara 70 dB sampai 80 dB dengan nilai tegangan *open circuit* DC sebesar 0,03 V dan arus *short circuit* DC sebesar 0,10 μ A sedangkan nilai tegangan dan arus yang paling besar terdapat pada intensitas suara 100 dB sampai 110 dB dengan nilai tegangan *open circuit* DC sebesar 1,14 V dan arus *short circuit* DC sebesar 48,02 μ A. Intensitas suara mempengaruhi nilai keluaran dari tegangan dan arus yang telah dikonversi, semakin besar intensitas suara maka semakin besar tegangan dan arus yang dihasilkan.

3.3. Pengujian Konversi Energi Tekanan Pijakan menjadi Energi Listrik

Pengujian konversi energi suara menjadi energi listrik bertujuan untuk meninjau nilai tegangan dan arus yang dihasilkan dari konversi energi tekanan pijakan menjadi energi listrik. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sumber energi tekanan pijakan dengan massa manusia 60 kg hingga 100 kg dengan melakukan 5 kali uji coba. Setiap uji coba dilakukan selama 60 detik dengan 100 injakan. Pada penelitian ini arus dan tegangan akan ditinjau melalui multimeter digital. Berikut adalah hasil peninjauan keluaran nilai arus dan tegangan yang telah dilakukan :



Gambar 8. Grafik Tegangan Open Circuit Hasil Konversi Energi Tekanan Pijakan

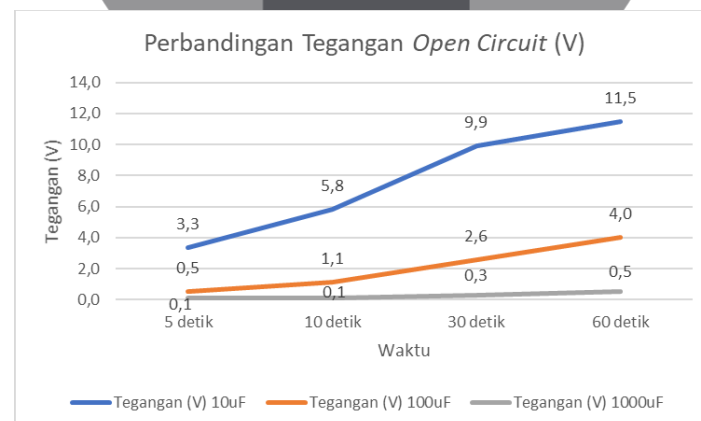


Gambar 9. Grafik Arus Short Circuit Hasil Konversi Energi Tekanan Pijakan

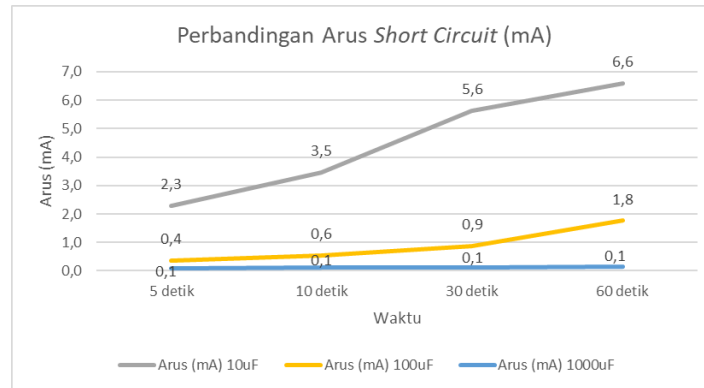
Hasil yang didapatkan pada pengujian ini adalah nilai tegangan dan arus yang paling kecil terdapat di massa manusia 64 kg dengan nilai tegangan maksimum *open circuit* DC sebesar 14,97 V dan arus maksimum *short circuit* DC sebesar 9,98 mA sedangkan nilai tegangan dan arus yang paling besar terdapat pada massa manusia 95 kg dengan nilai tegangan maksimum *open circuit* DC sebesar 27,07 V dan arus maksimum *short circuit* DC sebesar 13,66 mA. Massa beban mempengaruhi nilai keluaran dari tegangan dan arus yang telah dikonversi, semakin besar massa manusia maka semakin besar tegangan dan arus yang dihasilkan.

3.4. Pengujian perbandingan nilai tegangan dan arus kapasitor 10 μ F, 100 μ F, dan 1000 μ F

Pada pengujian bertujuan untuk menganalisa perbandingan arus dan tegangan yang dihasilkan dari konversi energi tekanan pijakan dan energi suara menjadi energi listrik menggunakan ketiga kapasitor yang berbeda. Berikut adalah tabel perbandingan antara ketiga kapasitor :



Gambar 10. Grafik Perbandingan Tegangan Open Circuit pada Kapasitor 10 μ F, 100 μ F, dan 1000 μ F



Gambar 11. Grafik Perbandingan Arus Short Circuit pada Kapasitor 10 μF , 100 μF , dan 1000 μF

Hasil yang didapatkan pada pengujian perbandingan tegangan *open circuit* dan arus *short circuit* yang terisi pada kapasitor 10 μF , 100 μF dan 1000 μF selama 60 detik. Dapat dilihat pada grafik perbandingan arus dan tegangan bahwa pengisian arus dan tegangan yang paling cepat terjadi pada kapasitor 10 μF sedangkan pengisian yang paling lama terjadi pada kapasitor 1000 μF . Semakin besar kapasitansi maka akan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi tegangan dan arus pada kapasitor begitu juga sebaliknya semakin kecil kapasitansi maka akan semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk mengisi tegangan dan arus pada kapasitor.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada perancangan prototipe konversi hybrid energi suara dan energi tekanan pijakan menjadi energi listrik dengan bahan piezoelektrik dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Ketika intensitas suara sumber 70 dB – 80 dB menghasilkan nilai tegangan *open circuit* DC sebesar 0,03 V dan arus *short circuit* DC sebesar 0,1 μA sedangkan pada intensitas suara 100 dB sampai 110 dB menghasilkan nilai tegangan *open circuit* DC sebesar 1,14 V dan arus *short circuit* DC sebesar 48,02 μA . Pengaruh intensitas suara pada sumber sangat mempengaruhi nilai tegangan dan arus yang dihasilkan. Semakin besar intensitas suara sumber maka tegangan dan arus yang dihasilkan semakin besar.
- Ketika massa manusia 59 kg menghasilkan nilai tegangan maksimum *open circuit* DC sebesar 14,97 V dan arus maksimum *short circuit* DC sebesar 9,98 mA sedangkan pada massa manusia 95 kg dengan menghasilkan nilai tegangan maksimum *open circuit* DC sebesar 27,07 V dan arus maksimum *short circuit* DC sebesar 13,66 mA. Pengaruh massa pada sumber sangat mempengaruhi nilai tegangan dan arus yang dihasilkan. Semakin besar massa manusia maka tegangan dan arus yang dihasilkan semakin besar.
- Pengaruh nilai kapasitansi saat berpengaruh terhadap nilai keluaran tegangan dan arus pada kapasitor, semakin besar nilai kapasitansinya maka semakin lama kapasitor akan terisi dengan tegangan dan arus tetapi semakin cepat juga kapasitor mengalami proses pengosongan.
- Dari hasil penelitian ini prototipe konversi energi hybrid antara energi tekanan pijakan dan energi suara menjadi energi listrik dapat menghasilkan arus dan tegangan, tetapi arus yang dihasilkan masih sangat kecil. Tegangan dan Arus yang dihasilkan masih relatif sangat kecil untuk dijadikan energi cadangan pada Kawasan pabrik industri

REFERENSI

- [1] “Energi Terbarukan Indonesia, Berlimpah tetapi Masih Terabaikan : Mongabay.co.id.” <https://www.mongabay.co.id/2019/12/29/energi-terbarukan-indonesia-berlimpah-tetapi-masih-terabaikan/> (accessed Oct. 05, 2020).
- [2] Kementerian ESDM, “Jurnal Energi,” 2016, [Online]. Available: [https://www.esdm.go.id/assets/media/content/FIX2_Jurnal_Energi_Edisi_2_17112016\(1\).pdf](https://www.esdm.go.id/assets/media/content/FIX2_Jurnal_Energi_Edisi_2_17112016(1).pdf).
- [3] 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.
- [4] M. S. Hidayatullah, Wira; Syukri, “Perancangan Prototype Penghasil Energi Listrik Berbahan Dasar Piezoelektrik,” *J. Karya Ilm. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 3, pp. 63–67, 2016.
- [5] A. Gupta, V. Goel, and V. Yadav, “Conversion of Sound to Electric Energy,” *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 5, no. 1, pp. 2146–2149, 2014.
- [6] M. Faroug, S. Attia, A. Ibraheim, and M. Abdalateef, “Evaluation of Electric Energy Generation from Sound Energy Using Piezoelectric Actuator,” *Int. J. Sci. Res.*, vol. 5, no. 1, pp. 218–225, 2016, doi: 10.21275/v5i1.nov152677.
- [7] I. Mahmud, “Electrical Power Generation Using Footsteps,” *Eur. Sci. Journal, ESJ*, vol. 14, no. 21, p. 318, 2018, doi: 10.19044/esj.2018.v14n21p318.
- [8] A. S. Sedra, D. E. A. S. Sedra, and K. C. Smith, *Microelectronic circuits*. New York: Oxford University Press, 1998.

