

# PERANCANGAN PROTOTYPE KONVERSI ENERGI SUARA MENJADI ENERGI LISTRIK DENGAN BAHAN PIEZOELEKTRIK MEMANFAATKAN ENERGI TEKANAN TAMBAHAN YANG BERASAL DARI ANGIN UNTUK KAWASAN INDUSTRI

## DESIGNING PROTOTYPE CONVERSION OF SOUND ENERGY TO ELECTRIC ENERGY WITH PIEZOELECTRIC MATERIAL UTILIZING ADDITIONAL PRESSURE ENERGY FROM WIND TO INDUSTRIAL AREA

Juan Aldo Hasibuan<sup>1</sup>, Cahyantari Ekaputri<sup>2</sup>, Sudarmono Sasmono<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Telkom, Bandung

<sup>1</sup>juanaldo@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>cahyantarie@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>ssasmono@telkomuniversity.ac.id

### Abstrak

Pada penelitian ini akan dirancang sebuah *prototype* konversi energi suara menjadi energi listrik dengan bantuan material *piezoelectric* dimana material piezoelektrik dapat mentransformasi energi mekanik menjadi energi listrik yang setara dengan *piezoelectric effect*. Sumber energi yang akan dimanfaatkan pada penelitian ini adalah energi suara yang berasal dari speaker. Suara yang dihasilkan dari speaker tersebut dapat dijadikan sumber energi suara yang akan dikonversikan menjadi energi listrik. Pada penelitian ini hanya sebatas skala lab. Pada penelitian ini terdapat input dan output, input pada penelitian ini yaitu energi suara dan energi angin yang pada akhirnya akan berbentuk energi *hybrid*.

Pada pengujian energi suara murni dilakukan pengujian sebanyak 5 pengujian. Untuk setiap pengujian dibagi menjadi beberapa intensitas bunyi sampai intensitas bunyi terakhir, dengan intensitas bunyi 70 – 110dB. Dan setelah dilakukan pengujian arus listrik dan tegangan listrik didapatkan arus listrik dan tegangan listrik maksimal pada intensitas bunyi 100 – 110dB yaitu 1,1448V dan 0,045 $\mu$ A. Pada pengujian energi angin murni setelah dilakukan pengujian dengan perbedaan kecepatan angin 4m/s dan 5m/s dapat disimpulkan bahwa output hasil lebih tinggi pada kecepatan angin 5m/s dibandingkan pada kecepatan angin 4m/s yaitu 0,53V dan 39,6 $\mu$ A. Dan jika menggunakan energi angin jarak yang paling maksimal  $\pm$ 70cm dari sumber untuk memaksimalkan output. Pada pengujian energi *hybrid* menggunakan dua kapasitor yaitu kapasitor 10 $\mu$ F dan 22 $\mu$ F. Dari data pengujian metode *hybrid* menggunakan 10 $\mu$ F lebih maksimal jika dibandingkan dengan 22 $\mu$ F yaitu 1,27V dan 308,60  $\mu$ A. Dan jika menggunakan energi angin jarak yang paling maksimal  $\pm$ 70cm dari sumber untuk memaksimalkan output.

**Kata Kunci:** Piezoelektrik, energi suara, energi angin, energi *hybrid*, energi listrik, konversi energi, *prototype*

### Abstract

The study will be designed to prototype the conversion of sound energy into electrical energy with the help of piezoelectric materials where piezoelectric materials can transform mechanical energy into electrical energy equivalent to piezoelectric effect. The energy source that will be utilized in this study is the sound energy that comes from the speakers. The sound produced from the speaker can be used as a source of sound energy that will be converted into electrical energy. In this study, it was only a lab scale. In this study there are inputs and outputs, inputs in this study are sound energy and wind energy which will eventually take the form of hybrid energy.

In pure sound energy testing, 5 tests were conducted. For each test it is divided into several sound intensities up to the last sound intensity, with a sound intensity of 70 – 110 dB. And after testing the electric current and electric voltage obtained electric current and maximum electric voltage at a sound intensity of 100 - 110dB which is 1,1448V and 0,045 $\mu$ A. In pure wind energy testing after testing with a difference in wind speeds of 4m/s and 5m/s it can be concluded that the output yield is higher at wind speeds  $\pm$  70cm of 5m/s than at wind speeds of 4m/s which is 0,53V and 39,6 $\mu$ A. In hybrid energy testing using two capacitors namely capacitors 10 $\mu$ F and 22 $\mu$ F. From the test data the hybrid method uses 10 $\mu$ F better when compared to 22 $\mu$ F which is 1,27V and 308,60 $\mu$ A. And if using wind energy the distance is best  $\pm$ 70cm from the source to maximize output.

**Keywords:** *Piezoelectric, sound energy, wind energy, hybrid energy, electrical energy, energy conversion, prototype*

## 1. Pendahuluan

Energi memiliki peranan yang sangat penting untuk kehidupan saat ini, dan oleh karena itu energi bersifat kekal sesuai dengan bunyi hukum kekekalan energi yang menyatakan bahwa jumlah energi dari sebuah sistem tertutup itu tidak berubah ia akan tetap sama. Energi tersebut tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan oleh manusia, namun energi tersebut dapat berubah dari satu bentuk energi ke bentuk energi lain [1]. Sejalan dengan pentingnya peranan energi di kehidupan saat ini maka kebutuhan akan penggunaan energi di Indonesia akan meningkat dengan pesatnya peningkatan pembangunan di bidang teknologi, industri, dan informasi. Dengan meningkatnya pemakaian energi di Indonesia dan semakin berkurangnya cadangan energi fosil maka pemerintah mendorong untuk meningkatkan peran energi alternatif terbarukan (*renewable energy*) dapat dikembangkan di Indonesia sebagai bagian dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi [2]. Salah satu pemanfaatan energi terbarukan yaitu memanfaatkan energi suara. Suara atau kebisingan merupakan sumber energi yang tersedia secara luas. Energi suara adalah energi yang dihasilkan oleh getaran suara saat melakukan perjalanan melalui udara, air, atau ruang lainnya [4].

Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan sebuah *prototype* konversi energi suara menjadi energi listrik dengan sumber energi tambahan yang berasal dari tekanan. Sumber energi yang akan dimanfaatkan pada penelitian ini adalah energi suara yang berasal dari kebisingan mesin pabrik. PT Pertagas Cilamaya merupakan perusahaan yang ada di daerah Kawasan kabupaten Karawang yang menjadi stasiun penguat gas. PT Pertagas Cilamaya memiliki fasilitas gas, difasilitas gas tersebut terdapat mesin kompresor yang mampu menghasilkan suara sampai 110dB. Akan tetapi suara yang dihasilkan dari mesin kompresor tersebut belum dapat menghasilkan energi tekanan maksimal untuk piezoelektrik dalam mengubah energi tekanan menjadi energi listrik. Salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk mendapatkan energi tekanan maksimal tersebut adalah dengan cara menambah sumber energi tekanan yang berasal dari energi angin selain energi suara yang berasal dari mesin kompresor. Energi suara yang telah diproses oleh piezoelektrik akan menghasilkan arus listrik.

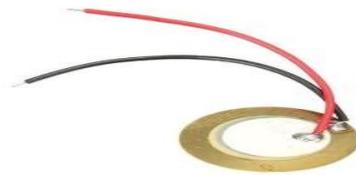
## 2. Dasar Teori

### 2.1 Suara dan Energi Suara

Suara adalah fenomena fisik yang dihasilkan oleh getaran benda atau getaran suatu benda yang berupa sinyal analog dengan amplitudo yang berubah secara kontinyu terhadap waktu, suara berhubungan erat dengan rasa mendengar. Suara atau bunyi biasanya merambat melalui udara. Suara atau bunyi tidak bisa merambat melalui ruang hampa. Manusia mendengar bunyi saat gelombang bunyi, yaitu getaran di udara atau medium lain, sampai ke gendang telinga manusia. Batas frekuensi bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia kira-kira dari 20 Hz sampai 20 KHz pada amplitudo umum dengan berbagai variasi dalam kurva responsnya. Suara di atas 20 KHz disebut ultrasonik dan di bawah 20 Hz disebut infrasonik [8]. Energi suara adalah energi yang dihasilkan oleh getaran suara saat melakukan perjalanan melalui udara, air, atau ruang lainnya [4], kebisingan adalah polusi suara yang dapat ditemukan di daerah pemukiman yang padat, kawasan industri dll [4]. Sumber energi suara dengan tingkat kebisingan yang cukup tinggi seperti mesin-mesin pabrik dapat ditemukan di kawasan industri. Kawasan industri seperti pabrik-pabrik dapat menjadi sumber energi terbarukan dengan memanfaatkan energi suara kebisingan untuk diubah menjadi energi listrik dengan konsep konversi energi. Berdasarkan hukum kekekalan energi, energi suara dapat dikonversi menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan di kehidupan sehari-hari. Konversi energi tersebut menggunakan material piezoelektrik sebagai bahan utama. Energi suara yang telah diproses oleh piezoelektrik akan menghasilkan arus listrik.

### 2.2 Piezoelektrik

Piezoelektrik merupakan sistem yang terdiri dari bahan material tertentu yang akan menghasilkan tegangan listrik akibat tekanan atau kekuatan mekanik yang diberikan pada kedua bidang. Efek piezoelektrik ini pertama kali ditemukan Di Perancis pada tahun 1880. Ketika piezoelektrik mengalami tekanan yang disengaja, maka akan menghasilkan gaya listrik pada bidang piezo sehingga akan menghasilkan tegangan listrik pada kedua bagian tersebut. Secara lebih mudah dapat dikatakan bahwa prinsip kerja piezoelektrik akan menghasilkan gerakan mekanis berupa getaran suara ketika kedua bidang pada piezo dialiri arus listrik. Sebaliknya ketika bidang piezo diberikan tekanan berupa ketukan misalnya, maka energi mekanik tersebut akan diubah menjadi energi listrik [9]. Terdapat dua karakteristik dasar dari piezoelektrik. Yaitu piezoelektrik dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dan sebaliknya. Dengan demikian komponen ini dapat digunakan sebagai input ataupun sebagai output [10].



Gambar 2.2 Piezoelektrik

### 2.3 Energi Harvesting

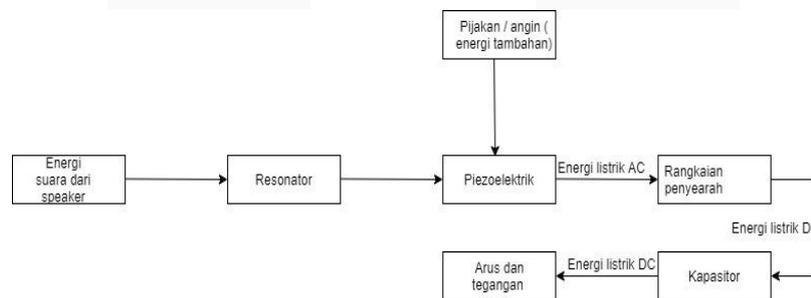
Pemanenan energi (Juga dikenal sebagai pemulungan energi atau daya ambien) mengacu pada proses menangkap dan mengubah energi dari lingkungan menjadi listrik. Energi dapat digunakan segera atau disimpan untuk digunakan di masa depan. Pemanenan energi bekerja dengan memanfaatkan sejumlah kecil energi lingkungan, yang dinyatakan hilang atau terbuang dalam bentuk panas, getaran, cahaya, dll. Pemanenan energi, sebagai teknologi, masih dalam tahap kematangan yang baru lahir. Ini sama sekali bukan jawaban untuk semua kesengsaraan energi kita. Namun, itu memegang janji yang luar biasa ketika datang untuk menyalakan elektronik berdaya rendah. Dengan pasar IoT yang berkembang pesat, ini mengeja potensi besar untuk teknologi ini.

#### Harvesting kinetic energy

Energi kinetik dipanen menggunakan transduser piezoelektrik. Transduser piezoelektrik menghasilkan listrik dari energi kinetik dalam bentuk getaran, suara atau gerakan. Transduser mengubah energi kinetik menjadi arus AC yang kemudian dikondisikan menjadi bentuk yang sesuai dan disimpan dalam baterai film tipis atau super-kapasitor [7].

## 3. Perancangan Sistem

### 3.1 Desain Sistem



Gambar 3. 1 Blok Diagram Fungsi Sistem Keseluruhan

Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan *prototype* konversi energi suara menjadi energi listrik yang memanfaatkan energi tekanan tambahan yang berasal dari pijakan dan angin, penelitian tersebut dilakukan secara berkelompok. Pada penelitian ini proses konversi energi suara, tekanan, dan angin menjadi energi listrik tersebut memerlukan bantuan material piezoelektrik dalam melakukan konversi energi. Selanjutnya arus listrik DC yang dihasilkan piezoelektrik akan disimpan di kapasitor dan menghasilkan arus dan tegangan. Berikut adalah diagram blok fungsi sistem keseluruhan.

Pada penelitian ini dilakukan secara berkelompok dan terbagi menjadi beberapa bagian, dan pada tugas akhir ini akan dilakukan perancangan *prototype* konversi energi suara menjadi energi listrik dengan memanfaatkan energi tambahan yang berasal dari angin yang dikonversi menjadi energi listrik menggunakan material piezoelektrik. Pada penelitian ini menggunakan resonator untuk menangkap suara yang bersumber dari speaker. Sensor piezoelektrik berfungsi sebagai sensor yang mengkonversi energi suara dari kompresor menjadi energi listrik. Arus dan tegangan yang dihasilkan oleh piezoelektrik yaitu arus AC, maka pada *prototype* ini terdapat rangkaian penyearah untuk mengubah arus AC menjadi arus DC. Arus DC akan disimpan sementara di kapasitor dan akan menghasilkan arus dan tegangan.

#### 4. Pengujian dan Analisis

##### 4.1 Pengujian Energi Suara Murni

Pada pengujian energi suara murni ini dilakukan pengujian dilakukan pengujian sebanyak 5 kali, dengan intensitas bunyi dari 70 – 110dB. Tujuan dari pengujian energi suara murni adalah agar dapat mengetahui tegangan listrik dan arus listrik mana yang maksimal.

Pada pengujian energi suara murni ini dilakukan pengujian dilakukan pengujian sebanyak 5 kali, dengan intensitas bunyi dari 70 – 110dB. Tujuan dari pengujian energi suara murni adalah agar dapat mengetahui tegangan listrik dan arus listrik mana yang maksimal.

**Tabel 4.1** Rata-rata Energi Suara Murni

Uji ke-	Range		Range		Range		Range	
	70 – 80		80 – 90		90 – 100		100 – 110	
	V	I	V	I	V	I	V	I
	(V)	( $\mu$ A)	(V)	( $\mu$ A)	(V)	( $\mu$ A)	(V)	( $\mu$ A)
1	0,033	0,001	0,037	0,011	0,284	0,012	0,631	0,038
2	0,035	0,001	0,035	0,015	0,463	0,013	1,209	0,046
3	0,033	0,001	0,04	0,009	0,504	0,014	1,175	0,043
4	0,035	0,001	0,039	0,016	0,504	0,016	1,338	0,047
5	0,037	0,001	0,041	0,011	0,545	0,015	1,371	0,053
	0,035	0,001	0,0384	0,012	0,46	0,014	1,1448	0,045

Berdasarkan data pada tabel 4.1 didapatkan nilai rata-rata tegangan listrik dan arus listrik minimum pada intensitas bunyi 70 – 80dB yaitu 0,035V dan 0,001 $\mu$ A dan tegangan listrik dan arus listrik maksimum pada intensitas bunyi 100 – 110dB yaitu 1,1448V dan 0,045 $\mu$ A.

##### 4.2 Pengujian Energi Angin Murni

Pada pengujian energi angin ini dilakukan pengujian sebanyak 10 kali dengan kecepatan angin pada lima pengujian pertama yaitu 4m/s dan lima pengujian kedua yaitu 5m/s. Dan pada pengujian energi angin ini juga akan dilakukan pengujian dengan jarak dari sumber pada setiap pengujian dari rentang 50 – 100cm. Tujuan dari pengujian energi angin murni tersebut adalah agar dapat mengetahui pada kecepatan angin yang mana dan jarak dari sumber mana yang dapat menghasilkan tegangan listrik dan arus listrik yang maksimal.

**Tabel 4.2** Rata-Rata Energi Angin Dengan Kecepatan Angin 4m/s

Waktu (menit)	Kecepatan Angin (m/s)	Jarak dari sumber (cm)	Tegangan (DC)	Arus( $\mu$ A)
1	4	100	0,20	9,2
1	4	90	0,22	10,4
1	4	80	0,22	11
1	4	70	0,22	11,2
1	4	60	0,20	9,8
1	4	50	0,19	8,8

Berdasarkan data pada tabel 4.2 didapatkan nilai rata-rata tegangan listrik dan arus listrik maksimum pada jarak dari sumber 70cm yaitu 0,22V dan 11,2 $\mu$ A. Dan nilai rata-rata tegangan listrik dan arus listrik minimum pada jarak 50cm dari sumber 70cm yaitu 0,19V dan 8,8 $\mu$ A.

**Tabel 4.3** Rata-Rata Energi Angin Dengan Kecepatan Angin 5m/s

Waktu (menit)	Kecepatan Angin (m/s)	Jarak dari sumber (cm)	Tegangan (DC)	Arus( $\mu$ A)
1	5	100	0,40	16,4
1	5	90	0,41	18,8
1	5	80	0,42	21,4
1	5	70	0,53	39,6
1	5	60	0,48	29,2
1	5	50	0,38	16,2

Berdasarkan data pada tabel 4.3 didapatkan nilai rata-rata tegangan listrik dan arus listrik maksimum pada jarak dari sumber 70cm yaitu 0,53V dan 39,6 $\mu$ A. Dan nilai rata-rata tegangan listrik dan arus listrik minimum pada jarak dari sumber 50cm yaitu 0,53V dan 16,2 $\mu$ A. Dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan kecepatan angin 5m/s dan jarak dari sumber 70cm didapat hasil pengukuran arus listrik dan tegangan listrik lebih maksimal dibandingkan dengan kecepatan angin 4m/s.

### 4.3 Pengujian Energi Hybrid

Pada pengujian energi *hybrid* ini dilakukan pengujian sebanyak 5 kali dengan kecepatan angin yaitu 5m/s. Dan pada pengujian energi angin ini juga akan dilakukan pengujian dengan jarak dari sumber pada setiap pengujian dari rentang 50 – 100cm. Pada pengukuran energi *hybrid* ini menggunakan kapasitor untuk menyimpan energi sementara. Kapasitor yang digunakan pada energi *hybrid* ini menggunakan kapasitor 10 $\mu$ F dan 22 $\mu$ F. Tujuan dari pengujian energi *hybrid* ini adalah agar dapat mengetahui pada kapasitor berapa dan jarak dari sumber mana yang dapat menghasilkan tegangan listrik dan arus listrik yang maksimal.

**Tabel 4.4** Rata-Rata Energi *Hybrid* Dengan Kecepatan Angin 5m/s Kapasitor 10 $\mu$ F

Waktu (menit)	Kecepatan Angin (m/s)	Jarak dari sumber (cm)	Tegangan (DC) 10 $\mu$ F	Arus( $\mu$ A) 10 $\mu$ F
1	5,00	100	0,73	277,00
1	5,00	90	0,91	284,40
1	5,00	80	1,06	293,40
1	5,00	70	1,27	308,60
1	5,00	60	0,70	270,20
1	5,00	50	0,63	258,00

Berdasarkan data pada tabel 4.4 didapatkan nilai rata-rata tegangan listrik dan arus listrik maksimum pada jarak dan sumber 70cm yaitu 1,27V dan 308,60 $\mu$ A. Dan nilai rata-rata tegangan listrik dan arus listrik minimum pada jarak dan sumber 50cm yaitu 0,63V dan 258,00 $\mu$ A.

**Tabel 4.5** Rata-Rata Energi *Hybrid* Dengan Kecepatan Angin 5m/s Kapasitor 22 $\mu$ F

Waktu (menit)	Kecepatan Angin (m/s)	Jarak dari sumber (cm)	Tegangan (DC) 22 $\mu$ F	Arus( $\mu$ A) 22 $\mu$ F
1	5,00	100	0,72	251,40
1	5,00	90	0,82	254,00
1	5,00	80	0,94	257,00
1	5,00	70	1,11	259,40
1	5,00	60	0,63	250,20
1	5,00	50	0,52	246,60

Berdasarkan data pada tabel 4.5 didapatkan nilai rata-rata tegangan listrik dan arus listrik maksimum pada jarak dan sumber 70cm yaitu 1.11V dan 259.40 $\mu$ A. Dan nilai rata-rata tegangan listrik dan arus listrik minimum pada jarak dan sumber 50cm yaitu 0,52V dan 246,60  $\mu$ A. Dan dapat ditarik kesimpulan dari pengujian menggunakan kapasitor 10 $\mu$ F dan 22 $\mu$ F didapatkan bahwa pada kapasitor 10 $\mu$ F dengan jarak dan sumber 70cm lebih menghasilkan tegangan listrik dan arus listrik yang maksimal yaitu 1,27V dan 308,60  $\mu$ A dibandingkan dengan kapasitor 22 $\mu$ F yaitu 11V dan 259,40 $\mu$ A.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Pengerjaan Tugas Akhir yang berjudul “Perancangan Prototipe Konversi Energi Suara Menjadi Energi Listrik Dengan Bahan Piezoelektrik Memanfaatkan Energi Tekanan Tambahan Yang Berasal Dari Angin Untuk Kawasan Industri” maka penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut:

1. Pada pengujian energi suara murni dilakukan pengujian sebanyak 5 kali pengujian. Untuk setiap pengujian dibagi menjadi beberapa intensitas bunyi sampai intensitas bunyi terakhir, dengan intensitas bunyi 70 – 110dB. Dan setelah dilakukan pengujian arus listrik dan tegangan listrik didapatkan arus listrik dan tegangan listrik maksimal pada intensitas bunyi 100 – 110dB yaitu 1,1448V dan 0,045 $\mu$ A.
2. Pada pengujian energi angin murni dilakukan pengujian sebanyak 10 kali pengujian. Lima kali pengujian 4m/s dan lima kali pengujian 5m/s. Pada pengujian energi angin murni setelah dilakukan pengujian dengan perbedaan kecepatan angin 4m/s dan 5m/s dapat disimpulkan bahwa *output* hasil lebih maksimal pada kecepatan angin 5m/s dibandingkan pada kecepatan angin 4m/s yaitu 0,53V dan 39,6 $\mu$ A. Dan jika menggunakan energi angin jarak yang paling maksimal  $\pm$ 70cm dari sumber untuk memaksimalkan *output*.

3. Pada pengujian energi *hybrid* dilakukan pengujian sebanyak 10 kali pengujian. Lima kali pengujian 10 $\mu$ F dan lima kali pengujian 22 $\mu$ F. Pada pengujian energi *hybrid* menggunakan dua kapasitor yaitu kapasitor 10 $\mu$ F dan 22 $\mu$ F. Menggunakan kapasitor untuk menyimpan arus listrik DC dan tegangan listrik DC yang berasal dari rangkaian penyearah. Dari data pengujian metode *hybrid* menggunakan 10 $\mu$ F lebih maksimal jika dibandingkan dengan 22 $\mu$ F yaitu 1,27V dan 308,60 $\mu$ A. Dan jika menggunakan energi angin jarak yang paling maksimal  $\pm 70$ cm dari sumber untuk memaksimalkan *output*.
4. Pada setiap pengujian dilakukan banyaknya pengujian berbeda-beda. Jumlah pengujian dapat dilakukan sebanyak mungkin agar dapat mengetahui *output* mana yang maksimal. Namun pada penelitian ini dilakukan pengujian sebanyak 5 kali dan 10 kali pada setiap pengujian. Dan pengujian sebanyak 5 kali dan 10 kali pada setiap pengujian sudah cukup pada penelitian ini.
5. Dapat ditarik kesimpulan juga bahwa piezoelektrik berbahan keramik dengan tipe PZT ini bermanfaat untuk melakukan proses konversi energi suara menjadi energi listrik dengan tambahan energi tekanan, namun hasil pengukuran menggunakan piezoelektrik belum mampu menghasilkan arus listrik dan tegangan listrik yang lumayan besar untuk menyalakan suatu beban seperti lampu.
6. Jadi, dampak energi angin pada proses konversi energi suara menjadi energi listrik sebagai tekanan tambahan berpengaruh dan membuat konversi menjadi lebih baik, namun hasil pengukuran belum mampu menghasilkan arus listrik dan tegangan listrik yang maksimal.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, saran yang tepat untuk selanjutnya sebagai berikut.

1. Pada perancangan prototipe konversi energi suara menjadi energi listrik dengan bahan piezoelektrik memanfaatkan energi tekanan tambahan yang berasal dari angin di kawasan industri ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dikarenakan pada penelitian ini hanya menghasilkan *output* sampai arus listrik dan tegangan listrik saja. Diharapkan pada penelitian selanjutnya arus listrik dan tegangan listrik dapat digunakan untuk pengisian baterai dan dapat menyalakan beban yaitu lampu PJU 50W.
2. Pada pemanfaatan piezoelektrik dalam melakukan konversi energi listrik perlu dilakukan pengujian lebih mendalam tujuan dari pengujian ini adalah agar dapat mengurangi penggunaan listrik dari PLN sebagai sumber listrik utama namun dapat mengurangi penggunaan listrik dari PLN seperti pemakaian barang elektronik yang lebih kecil seperti lampu LED ataupun komponen elektronika lainnya.
3. Pada penelitian selanjutnya dalam mengukur arus listrik dan tegangan listrik secara simultan gunakan beban resistor dalam K $\Omega$ . Dikarenakan pada penelitian ini dalam mengukur arus listrik dan tegangan listrik tanpa menggunakan beban resistor dalam K $\Omega$  dan arus DC langsung disimpan di kapasitor dan menghasilkan arus listrik DC dan tegangan listrik DC.
4. Pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan rangkaian penyearah gelombang penuh 4 dioda (*Bridge Rectifier*). Dikarenakan Penyearah Gelombang Penuh dengan menggunakan 4 Dioda adalah jenis *Rectifier* yang paling sering digunakan dalam rangkaian *Power Supply* karena memberikan kinerja yang lebih baik dari jenis Penyearah lainnya.

## Referensi :

- [1] dosenpendidikan. (2020, 08 29). *Hukum Kekekalan Energi*. Retrieved 07 02, 2020, from [www.dosenpendidikan.co.id: https://www.dosenpendidikan.co.id/hukum-kekekalan-energi](https://www.dosenpendidikan.co.id/hukum-kekekalan-energi)
- [2] Surhayati, S. H. (2019). In *INDONESIA ENERGY OUTLOOK 2019* (p. 1). [www.esdm.go.id](http://www.esdm.go.id). Retrieved 09 02, 2020
- [3] sanspower. (2020, 08 24). *Energi Terbarukan: Definisi dan Manfaatnya*. Retrieved 09 02, 2020, from [www.sanspower.com: https://www.sanspower.com/energi-terbarukan-definisi-dan-manfaatnya.html](https://www.sanspower.com/energi-terbarukan-definisi-dan-manfaatnya.html)
- [4] R. van Schaijk, R. E. (2008). *Piezoelectric AlN energy harvesters for wireless autonomous transducer solutions*, 45-48. Retrieved 09 08, 2020, from <https://ieeexplore.ieee.org/document/4716379/similar#similar>
- [5] Sharma, M. (2006). *Studies on structural dielectric and Piezoelectric properties of doped Pct ceramics*. Retrieved 09 08, 2020
- [6] *Sumber Energi Terbarukan Ini Tersedia Melimpah di Indonesia. Bukan Cuma Sinar Matahari!* (2019, 01 11). Retrieved 01 20, 2021, from [www.dbs.com: https://www.dbs.com/https://www.dbs.com/spark/index/id\\_id/site/pillars/2019-sumber-energi-terbarukan-ini-tersedia-melimpah-di-indonesia-bukan-cuma-sinar-matahari.html](https://www.dbs.com/https://www.dbs.com/spark/index/id_id/site/pillars/2019-sumber-energi-terbarukan-ini-tersedia-melimpah-di-indonesia-bukan-cuma-sinar-matahari.html)
- [7] onio. (n.d.). *What is energy harvesting?* Retrieved 08 21, 2021, from [www.onio.com: https://www.onio.com/article/what-is-energy-harvesting.html](https://www.onio.com/article/what-is-energy-harvesting.html)
- [8] Psikologimania. (2013). *Pengertian Suara dan Jenis-Jenisnya*. Retrieved 10 10, 2020, from [www.e-jurnal.com: https://www.e-jurnal.com/2013/12/pengertian-suara-dan-jenis-jenisnya.html](http://www.e-jurnal.com/2013/12/pengertian-suara-dan-jenis-jenisnya.html)

- [9] Angga. (2017). *Pengertian Piezoelektrik dan Prinsip Kerja Piezoelektrik*. Retrieved 10 10, 2020, from skemaku.com: <https://skemaku.com/pengertian-piezoelektrik-dan-prinsip-kerja-piezoelektrik/>
- [10] Angga. (2018). *Pengertian Piezoelektrik dan Prinsip Kerja Piezoelektrik*. Retrieved 01 21, 2021, from skemaku.com: <https://skemaku.com/pengertian-piezoelektrik-dan-prinsip-kerja-piezoelektrik/>
- [11] Sakti, E. (2013). *Konsep dan Pengertian Arus dan Tegangan pada Rangkaian Listrik*. Retrieved 08 07, 2021, from elangsakti.com: <https://www.elangsakti.com/2013/03/konsep-dan-pengertian-arus-dan-tegangan.html>
- [12] Kho, D. (n.d.). *Pengertian Rectifier (Penyearah Gelombang) dan Jenis-jenisnya*. Retrieved 08 16, 2021, from teknikelektronika.com: <https://teknikelektronika.com/pengertian-rectifier-penyearah-gelombang-jenis-rectifier/>
- [13] Bhatnagar, S. (2012, 11). CONVERTING SOUND ENERGY TO ELECTRIC ENERGY. 2. Retrieved 10 19, 2020
- [14] M. Iqbal Ramli, I. (2017, 06). Perancangan Sound Energy Harvesting Berbasis Material Piezoelektrik untuk Memanfaatkan Kebisingan di Sepanjang Ruas Pantai Losari menuju Losari sebagai Ruang Publik Hemat Energi. 1, 66-72. Retrieved 10 19, 2020
- [15] Eddy Wijanto, B. H. (2018 , 04). Pengujian Sistem Konversi Energi Suara menjadi Energi Listrik menggunakan Piezoelektrik. 17, 59-67. Retrieved 10 19, 2020
- [16] Abdul Jalil Nawawi, G. M. (2019, 07). Pemanfaatan Energi Suara dengan Menggunakan Piezoelektrik untuk Memanfaatkan Kebisingan di Sepanjang Jalan Tol Trans Jawa Guna Mewujudkan Sumber Listrik Alternatif untuk Lampu Penerangan Jalan Tol. Retrieved 10 19, 2020
- [17] Ikram Buyukkeskin, S. A. (2019). Electricity Production from Wind Energy By Piezoelectric Material. 41-46. Retrieved 10 19, 2020
- [18] alatuji.com. (2021, 08 14). *Pengertian Dan Cara Kalibrasi Sound Level Meter*. Retrieved 08 15, 2021, from www.alatuji.com: <https://www.alatuji.com/article/detail/577/pengertian-dan-cara-kalibrasi-sound-level-meter>
- [19] Tokopedia. (n.d.). *Terbaru GM1356 Digital USB Noise Meter Sound Level Meter Decibel*. Retrieved 08 14, 2021, from www.tokopedia.com: <https://www.tokopedia.com/nyentrikgroup/terbaru-gm1356-digital-usb-noise-meter-sound-level-meter-decibel>
- [20] Shopee. (n.d.). *Speaker Advance T103 BT 8 inchi Subwoofer Bluetooth*. Retrieved 08 14, 2021, from shopee.co.id: <https://shopee.co.id/Speaker-Advance-T103-BT-8-inchi-Subwoofer-Bluetooth-i.3260082.2177105396>
- [21] alatuji. (2021, 08 14). *Bagaimana Cara Penggunaan Anemometer Dan Juga Fungsinya?* Retrieved 08 15, 2021, from www.alatuji.com: <https://www.alatuji.com/article/detail/535/apa-sih-fungsi-dan-bagaimana-cara-penggunaan-anemometer>
- [22] Tokopedia. (n.d.). *LUTRON 4 in 1 Anemometer - Humidity Meter - Light Meter - LM-8000*. Retrieved 08 15, 2021, from www.tokopedia.com: [https://www.tokopedia.com/rekomendasi/324724072?ref=googleshopping&c=11974277954&m=271532022&p=324724072&gclid=CjwKCAjw092IBhAwEiwAxR1lRgDlj-t5X6x\\_NOIaB2Bg4tvsF5z-DlSh1iLVfEaUpiOMbT-VnYu97RoCER8QAvD\\_BwE&gclsrc=aw.ds](https://www.tokopedia.com/rekomendasi/324724072?ref=googleshopping&c=11974277954&m=271532022&p=324724072&gclid=CjwKCAjw092IBhAwEiwAxR1lRgDlj-t5X6x_NOIaB2Bg4tvsF5z-DlSh1iLVfEaUpiOMbT-VnYu97RoCER8QAvD_BwE&gclsrc=aw.ds)
- [23] alatuji. (2021, 08 14). *Jenis - Jenis Tachometer Dan Cara Merawatnya*. Retrieved 08 15, 2021, from www.alatuji.com: <https://www.alatuji.com/article/detail/559/jenis-jenis-tachometer-dan-cara-merawatnya>
- [24] Alibaba. (n.d.). *Takometer Laser RPM Digital, Alat Pengukur Kecepatan Tanpa Kontak 2.5RPM-99999RPM Tampilan LCD DT2234C Penguji Kecepatan*. Retrieved 08 15, 2021, from indonesian.alibaba.com: <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/high-quality-digital-laser-tachometer-rpm-meter-non-contact-2-5rpm-99999rpm-lcd-display-speed-meter-dt2234c-tester-speed-60560186725.html>
- [25] Tokopedia. (n.d.). *Kipas Angin Besi Regency Deluxe Tornado ZDLX-20*. Retrieved 08 15, 2021, from www.tokopedia.com: <https://www.tokopedia.com/sgjstore/kipas-angin-besi-regency-deluxe-tornado-zdlx-20?src=topads>
- [26] alatuji. (2021, 08 14). *Fungsi Dan Cara Penggunaan Multimeter (Multitester)*. Retrieved 08 15, 2021, from www.alatuji.com: <https://www.alatuji.com/article/detail/556/fungsi-dan-cara-penggunaan-multimeter->
- [27] Tokopedia. (n.d.). *Multi Meter Digital SANWA CD800a / Multimeter Digital SANWA CD-800a*. Retrieved 08 15, 2021, from www.tokopedia.com: <https://www.tokopedia.com/cahayalstriksby/multi-meter-digital-sanwa-cd800a-multimeter-digital-sanwa-cd-800a>
- [28] Kho, D. (n.d.). *Simbol dan Fungsi Kapasitor beserta Jenis-jenisnya*. Retrieved 08 15, 2021, from teknikelektronika.com: <https://teknikelektronika.com/symbol-fungsi-kapasitor-beserta-jenis-jenis-kapasitor/>

- [29] Kho, D. (n.d.). *Pengertian Dioda Bridge (Dioda Jembatan) dan Prinsip Kerjanya*. Retrieved 08 15, 2021, from [teknikelektronika.com: https://teknikelektronika.com/pengertian-dioda-bridge-dioda-jembatan-prinsip-kerja-bridge-diode/](https://teknikelektronika.com/pengertian-dioda-bridge-dioda-jembatan-prinsip-kerja-bridge-diode/)

