

PERANCANGAN PROTOTIPE KONVERSI HYBRID ENERGI SUARA, ENERGI TEKANAN DAN ENERGI ANGIN MENJADI ENERGI LISTRIK MENGGUNAKAN KOMPONEN PIEZOELEKTRIK

Muhammad Rifki Ramadhan¹, Sudarmono Sasmono², Cahyantari Ekaputri³

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

¹muhammadrifkir@student.telkomuniversity.ac.id, ² ssasmono@telkomuniversity.ac.id,

³cahyantarie@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Energi fosil merupakan salah satu sumber energi yang tidak dapat diperbarukan namun energi fosil selama ini sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan energi di seluruh sector kegiatan. Di Kawasan industri pabrik gas terdapat potensi sumber energi terbarukan seperti kebisingan yang disebabkan oleh kompresor gas. Memanfaatkan potensi sumber energi terbaukan yang ada di kawasan industri dapat mengurangi penggunaan listrik dari PLN. Maka solusi untuk megurangi penggunaan bahan bakar fosil adalah mengembangkan energi terbarukan. Salah satu alternatif sumber energi terbarukan adalah pemanenan energi mekanik menggunakan bahan piezoelektrik. Pada penelitin ini akan merancang sebuah prototipe konversi hybrid energi suara, energi tekanan dan energi angin menjadi energi listrik menggunakan bahan piezoelektrik. Pada pengujian alat terhadap arus dan tegangan dari setiap energi, hasil dari sumber energi suara menggunakan pengeras suara dengan tingkat kebisingan 100 – 110 Db, tegangan rata – rata dan arus rata – rata yang dihasilkan adalah 1.145V dan 460mA. Hasil dari pijakan manusia yang paling tinggi dihasilkan dari massa 100 kg, tegangan rata-rata dan arus rata – rata yang dihasilkan adalah 27.07V dan 13,66 mA. Hasil pengujian dari sumber energi angin, dengan kecepatan 5 m/s dan jarak kipas angin ke kincir angin yang menghasilkan keluaran paling besar yaitu 70 cm, tegangan rata – rata dan arus rata – rata adalah 0.53V dan 0.004mA. Pada pengujian alat terhadap pengisian kapasitor menggunakan kapasitor 10µF, 100µF dan 100µF. Tegangan rata – rata yang disimpan kapasitor selama 60 detik dari setiap kapasitor adalah 11.89V, 4.22V dan 0.71V. Sementara itu arus rata – rata yang disimpan kapasitor selama 60 detik dari setiap kapasitor adalah 6.82 mA, 2.28 mA dan 0.018 mA. Hasil pengujian system hybrid adalah tegangan rata – rata 28,01 V dan arus rata – rata 14,08 mA. Dari pengujian ini menghasilkan rata- rata energi listrik 23,68 joule. Tarif penjualan listrik dari energi listrik yang di dapat adalah Rp. 1.296 / kWh. Kata kunci : Piezoelektrik, Energi suara, Energi Tekanan, Energi Angin, Energi Listrik.

Abstract

Fossil energy is a non-renewable energy source, but fossil energy is needed to meet energy needs in all sectors of activity. In the gas factory industrial area, there are potential sources of renewable energy such as noise caused by gas compressors. Utilizing the potential of renewable energy sources in industrial areas can reduce the use of electricity from PLN. So the solution to reduce the use of fossil fuels is to develop renewable energy. One alternative source of renewable energy is harvesting mechanical energy using piezoelectric materials. In this research, we will design a prototype of a hybrid conversion of sound energy, pressure energy, and wind energy into electrical energy using piezoelectric materials. In testing the tool for the current and voltage of each energy, the results of the sound energy source using loudspeakers with a noise level of 100 – 110 Db, the average voltage and current produced are 1.145V and 460mA. The results of the highest human footing are produced from a mass of 100 kg, the average voltage and average current produced are 27.07V and 13.66 mA. The test results from the wind energy source, with a speed of 5 m/s and the distance from the fan to the windmill that produces the largest output is 70 cm, the average voltage and average current are 0.53V and 0.004mA. In testing the tool for charging capacitors using 10µF, 100µF, and 100µF capacitors. The average voltage that the capacitor stores for 60 seconds from each capacitor are 11.89V, 4.22V, and 0.71V. Meanwhile, the average current stored by the capacitor for 60 seconds from each capacitor is 6.82 mA, 2.28 mA, and 0.018 mA. The results of the hybrid system test are the average voltage of 28.01 V and the average current of 14.08 mA. This test produces an average of 23.68 joules of electrical energy. The electricity sales rate from the electrical energy that can be obtained is Rp. 1,296 / kWh.

Keywords : *Piezoelectric, Sound energy, Pressure Energy, Wind Energy, Electrical Energy*

1. Pendahuluan

Energi merupakan kebutuhan dasar manusia, yang terus meningkat sejalan dengan tingkat kehidupannya. Energi fosil merupakan salah satu sumber energi yang tidak dapat diperbarukan namun energi fosil selama ini sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan energi di seluruh sektor kegiatan[1]. Kawasan industri merupakan salah satu kawasan yang masih menggunakan energi fosil dalam pemenuhan kebutuhannya. Di Kawasan industri pabrik gas terdapat potensi sumber energi terbarukan seperti kebisingan yang disebabkan

oleh kompresor gas. Memanfaatkan potensi sumber energi terbarukan yang ada di kawasan industri dapat mengurangi penggunaan listrik dari PLN. Sistem Energi hybrid adalah sistem yang memanfaatkan dua sumber energi atau lebih yang berbeda untuk memberikan daya ke beban[2]. Pemanfaatan energi terbarukan menjadi energi listrik harus dimaksimalkan dengan cara yang inovatif dan kreatif untuk mengurangi penggunaan energi fosil yang berlebihan.

Salah satu alternatif sumber energi terbarukan adalah pemanenan energi mekanik dari berbagai bentuk aktivitas manusia menggunakan bahan piezoelektrik. Bahan piezoelektrik adalah bahan yang menghasilkan tegangan listrik apabila diberi gaya tekanan atau gaya tarik[1]. Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, energi hanya dapat berubah bentuk. Dengan hukum tersebut, pada dasarnya energi suara juga dapat diubah bentuknya menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan manusia[1]. Selain energi suara, energi tekanan dari pijakan manusia dan energi angin dapat di konversi menjadi energi listrik. Untuk mendapatkan energi listrik yang berasal dari energi suara, energi tekanan dan energi angin yaitu melakukan konversi energi menggunakan bahan piezoelektrik. Ketiga sumber energi tersebut dapat ditemukan di lingkungan sekitar kita. Contoh kebisingan yaitu suara klakson kendaraan bermotor dan suara dari sound system. Sementara itu, energi tekanan dari pijakan manusia di dapat dari aktivitas manusia yang ada di lingkungan sekitar contohnya di lingkungan industri terdapat banyak manusia yang beraktivitas setiap harinya, sedangkan energi angin di dapat dari kondisi alam di sekitar.

Pada penelitian ini akan membuat prototipe untuk menghasilkan sebuah sistem hybrid dari konversi energi suara, energi tekanan, dan energi angin menjadi energi listrik menggunakan bahan piezoelektrik. Diharapkan dengan adanya penelitian ini, dapat mengurangi penggunaan energi listrik yang bersumber dari PLN, dan menggantinya dengan sumber energi alternatif dengan memanfaatkan energi suara, energi tekanan, dan energi angin.

2. Dasar Teori

2.1 Pembangkit Listrik Hybrid

Hybrid adalah suatu teknologi yang menggabungkan dua buah teknologi yang berbeda namun tetap mempertahankan baik sifat maupun fisik dari unsur tersebut. Pembangkit listrik tenaga hybrid adalah pembangkit listrik yang terdiri lebih dari 1 macam pembangkit dimana menggabungkan beberapa sumber energi yang dapat diperbaharui dengan dan atau yang tidak dapat diperbaharui. Pembangkit listrik ini merupakan energi terbarukan yang paling relevan untuk dikembangkan di Indonesia dikarenakan potensi energi surya di Indonesia sangat tinggi, dengan intensitas radiasi rata-rata 4-5kWh/m²[2]. Keuntungan pembangkit listrik hybrid berbasis energi suara, energi tekanan pijakan dan energi angin sangat penting ketika dalam keadaan yang tidak menentu, seperti tidak ada aktivitas manusia yang menjadi sumber energi tekanan pijakan. Meskipun tidak ada aktivitas manusia tetapi energi angin dan energi suara tetap menghasilkan energi listrik, begitu pula sebaliknya.

2.2 Energi Suara

Suara atau kebisingan merupakan salah satu sumber energi yang tersedia secara luas. Bunyi atau suara merupakan gelombang mekanik yaitu gelombang yang membutuhkan media untuk merambat seperti udara, air dan yang lain. Jadi bunyi tidak dapat merambat pada ruang hampa udara.

Energi suara adalah energi yang dihasilkan oleh getaran suara saat merambat melalui udara, air, atau ruang lainnya[3]. Kebisingan adalah polusi suara yang dapat terjadi di pemukiman penduduk, kawasan industri, dan jalan tol[3]. Tinggi atau rendah suatu kebisingan dinyatakan dalam satuan desibel. Semakin tinggi kebisingan semakin besar energi yang dihasilkan. Pada kawasan industri kebisingan dihasilkan oleh mesin-mesin yang beroperasi secara terus menerus dan memiliki tingkat kebisingan yang tinggi. Bunyi memiliki sumber yang melimpah namun pemanfaatannya masih jarang digunakan. Oleh karena itu kebisingan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk kemudian di konversi menjadi energi lain yaitu energi listrik.

2.3 Energi Tekanan

Energi tekanan pijakan berasal dari pijakan langkah kaki manusia. Pijakan kaki manusia merupakan salah satu sumber energi yang dapat diperbaharui. Energi tekanan yang diperoleh dari pijakan manusia dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi yang dapat dikonversi menjadi energi listrik menggunakan bahan piezoelektrik. Energi listrik yang dihasilkan dari pijakan tergantung dari beban manusia tersebut. Semakin besar beban manusia semakin besar daya listrik yang dihasilkan.

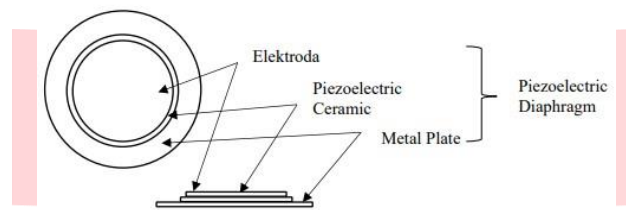
2.4 Energi Angin

Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara disekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke bertekanan udara rendah. Pemanasan oleh matahari, maka udara memuai. Tekanan udara yang telah memuai massa jenisnya menjadi lebih ringan sehingga naik. Apabila hal ini terjadi, tekanan udara turun. Udara disekitarnya mengalir ke tempat yang

bertekanan rendah. Udara menyusut menjadi lebih berat dan turun ke tanah. Diatas tanah udara menjadi panas lagi dan naik kembali. Aliran naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dikarenakan konveksi [4]. Kebanyakan energi angin dimanfaatkan untuk di konversi menjadi energi listrik, seperti. Pada kincir angin energi angin digunakan untuk memutar peralatan mekanik untuk melakukan kerja fisik, seperti menggiling atau memompa air. Energi angin banyak jumlahnya, tidak habis-habis, dan tersebar luas [4].

2.5 Piezoelektrik

Kata piezoelektrik berasal bahasa Latin, piezein yang berarti diperas atau ditekan dan piezo yang bermakna didorong. Jacques dan Currie menemukan fenomena piezoelektrik pada tahun 1880, dimana piezoelektrik merupakan katagori material yang mempunyai sifat unik. Tekanan dan tarikan pada kristal piezoelektrik akan membangkitkan listrik karena terjadi polarisasi muatannya. Bahan piezoelektrik merupakan kristal yang mampu menghasilkan tegangan listrik saat mengalami tekanan, tarikan atau getaran (direct piezoelectric). Kondisi sebaliknya juga berlaku, yaitu bila diberi tegangan listrik, kristal piezoelektrik bergetar (inverse piezoelectric) [5].



Gambar 2.1 Piezoelektrik

Prinsip kerja piezoelektrik menggunakan prinsip piezoelectric effect yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik atau sebaliknya. Piezoelektrik menghasilkan tegangan listrik ketika mendapatkan tekanan yang diakibatkan dari gaya mekanik pada kedua sisi yang saling berdempet. Pada kedua sisi tersebut menimbulkan kutub positif dan kutub negatif. Kutub – kutub tersebut menimbulkan perbedaan potensial listrik. Semakin besar tekanan yang diterima maka menghasilkan tegangan yang berbeda – beda[5]. Tegangan yang dihasilkan oleh piezoelektrik dapat dihitung dengan rumus :

$$u = \frac{d_{33} \times d}{e_{33} \times A} \times F \quad (2.1)$$

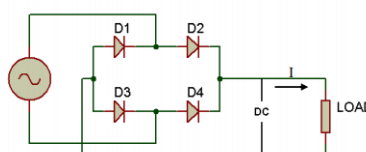
Keterangan :

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

Jumlah energi akan meningkat secara linear dengan jumlah tegangan yang diaplikasikan, sehingga ketika piezoelektrik diberi tekanan (F) lebih maka tegangan (V) yang dihasilkan semakin besar. Selain itu, bahan pembuatan dan diameter piezoelektrik juga berpengaruh pada jumlah energi yang dihasilkan oleh piezoelektrik[5]. Satu keping piezoelektrik berkemampuan berkisar 5 μ A untuk arus yang dikeluarkan dan 5 Vac untuk tegangan yang dikeluarkan. Namun, apabila piezoelektrik dirangkai dalam jumlah yang banyak, maka energi listrik yang dihasilkan dapat diakumulasikan dalam sebuah sistem permanen energi.

2.6 Penyearah

Penyearah sistem jembatan merupakan sebuah penyearah yang menggunakan empat buah dioda yang disusun model jembatan. Penyearah sistem jembatan menghasilkan keluaran gelombang penuh. Penyearah sistem jembatan disusun oleh empat dioda yang bekerja secara bergantian pada tiap fase sinyal sinusoidal. Oleh karena itu menyebabkan keluaran penyearah sistem jembatan sama dengan penyearah gelombang penuh. Penyearah terdiri dari empat buah dioda, tetapi hanya dua dioda yang bekerja pada masing-masing fase sinyal sinus. Dioda D1 dan D3 menyearahkan tegangan positif dari sinyal sinus, sedangkan D2 dan D4 menyearahkan tegangan negatif dari sinyal sinus[6].



Gambar 2.2 Penyearah

2.7 Besaran Listrik

1. Tegangan Listrik

Tegangan listrik merupakan perbedaan potensial listrik yang terjadi pada dua titik yang ada dalam satu rangkaian listrik[7]. Tegangan listrik biasanya dinyatakan dengan satuan Volt (V) dan dihitung atau pun diukur dengan menggunakan voltmeter.

2. Hambatan Listrik

Hambatan listrik merupakan perbandingan tegangan suatu alat elektronik listrik dengan arus listrik yang melewatunya[7]. Hambatan listrik biasanya dinyatakan dalam satuan Ohm dan diukur dengan menggunakan ohmmeter.

3. Arus Listrik

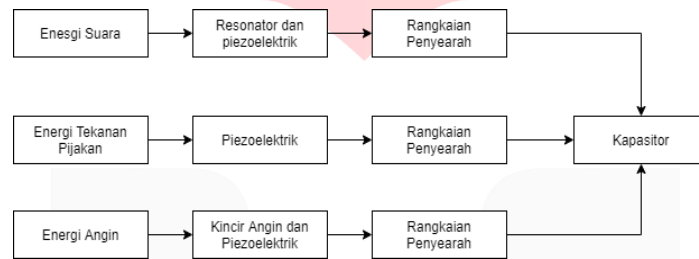
Arus listrik merupakan jumlah muatan listrik yang timbul dari pergerakan electron-elektron dalam suatu rangkaian listrik yang diukur dalam satu satuan waktu tertentu[7]. Besaran arus listrik biasanya dinyatakan dengan menggunakan satuan ampere dan diukur dengan menggunakan amperemeter.

4. Daya listrik

Daya listrik adalah banyaknya energy listrik yang mengalir setiap detik atau joule per second yang diukur dalam satuan watt (W)[8].

3. Perancangan Sistem

3.1 Desain Sistem



Gambar 3. 1 Blok diagram keseluruhan sistem

Diagram blok diatas merupakan proses dari prototipe yang akan dibuat menggunakan 3 sumber energi yaitu energi tekanan, energi suara, dan energi angin. Pada penelitian ini akan merancang konversi hybrid energi suara, energi tekanan dan energi angin menjadi energi listrik. Energi suara akan ditangkap resonator sehingga menggetarkan resonator. Getaran pada resonator menyebabkan piezoelektrik bergetar sehingga menghasilkan arus dan tegangan. Energi tekanan pijakan akan menekan piezoelektrik yang akan menghasilkan arus dan tegangan. Sementara itu, energi angin dari sumber akan ditangkap kincir angin dan menekan piezoelektrik. Keluaran dari seluruh piezoelektrik berupa arus dan tegangan AC. Rangkaian penyearah mengubah arus dan tegangan AC menjadi arus dan tegangan DC. Arus dan tegangan tersebut disimpan di kapasitor.

3.2 Alat dan Bahan Untuk Pengujian

Pada pengujian prototipe konversi hybrid energi suara, energi tekanan dan energi angin membutuhkan alat – alat dan bahan agar dapat diuji. Berikut ini alat dan bahan :

1. Piezoelektrik
2. Resonator
3. Papan Pijakan
4. Kincir Angin
5. Dioda Bridge
6. Kapasitor
7. Speaker
8. Sound Level Meter
9. Kipas Angin
10. Anemometer
11. Tachometer
12. Multimeter Digital

4. Pengujian dan Analisis

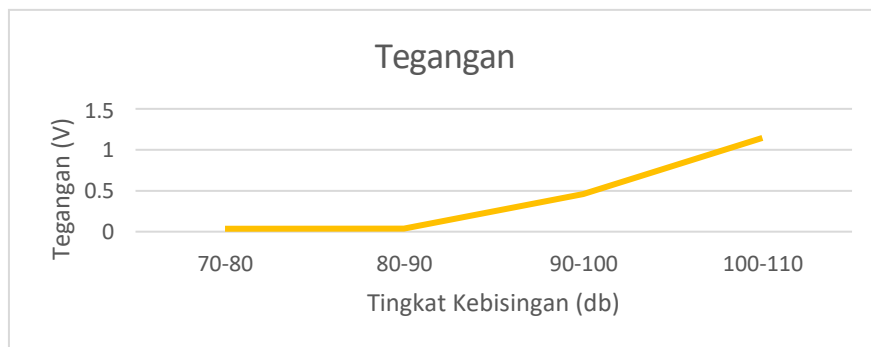
4.1 Pengujian Konversi Energi Suara menjadi Energi Listrik

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui arus dan tegangan yang maksimal dari hasil 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 menggunakan multimeter digital. Berikut adalah hasil peninjauan keluaran nilai arus dan tegangan yang telah dilakukan.

Tabel 4. 3 Pengujian Nilai Tegangan Energi Suara

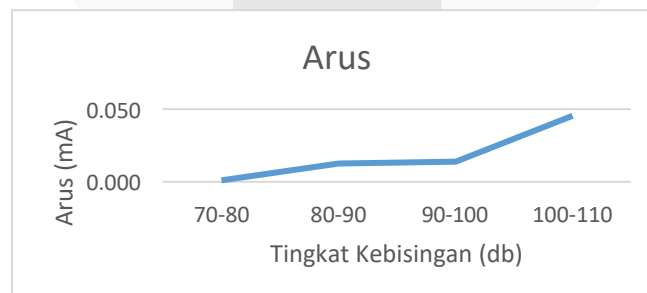
Intesitas Suara (dB)	Pengujian Nilai Tegangan (V)					Rata – Rata (V)
	1	2	3	4	5	
70 - 80	0,033	0,035	0,035	0,035	0,037	0,035
80 - 90	0,037	0,035	0,040	0,039	0,041	0,038
90 - 100	0,284	0,463	0,504	0,504	0,545	0,460
100 - 110	0,631	1,209	1,175	1,338	1,371	1,145



Gambar 4. 1 Grafik Tegangan Pada Energi Suara

Tabel 4. 4 Pengujian Nilai Arus Energi Suara

Intesitas Suara (dB)	Pengujian Nilai Arus (mA)					Rata – Rata (mA)
	1	2	3	4	5	
70 - 80	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
80 - 90	0.011	0.015	0.009	0.016	0.011	0.012
90 - 100	0.012	0.013	0.014	0.016	0.015	0.014
100 - 110	0.038	0.046	0.043	0.047	0.053	0.045



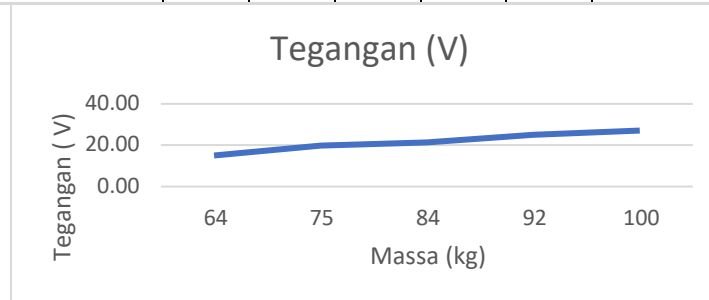
Gambar 4. 2 Grafik Arus Pada Energi Suara

4.3 Pengujian Konversi Energi Tekanan Pijakan menjadi Energi Listrik

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui arus dan tegangan yang maksimal dari hasil konversi energi tekanan pijakan menjadi energi listrik. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sumber energi tekanan pijakan dengan massa 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 menggunakan multimeter digital. Berikut adalah hasil peninjauan keluaran nilai arus dan tegangan yang telah dilakukan :

Tabel 4. 5 Pengujian Nilai Tegangan Energi Tekanan

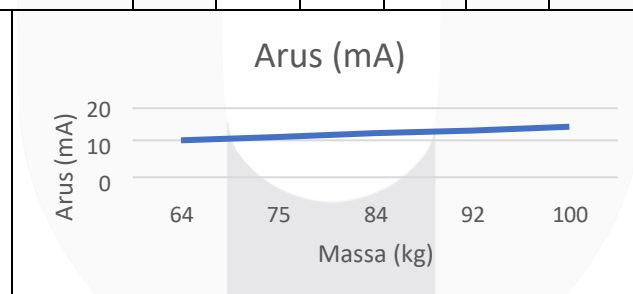
Massa (kg)	Pengujian Nilai Tegangan (V)					Rata – Rata ()
	1	2	3	4	5	
64	13,80	15,20	16,56	14,50	14,77	14,97
75	19,28	20,20	19,48	20,30	19,85	19,82
84	21,20	21,80	21,30	21,40	21,35	21,41
92	24,30	25,20	24,70	24,50	24,82	24,90
100	27,35	26,90	26,50	27,20	27,40	27,07



Gambar 4. 3 Grafik Tegangan Pada Energi Tekanan

Tabel 4. 6 Pengujian Nilai Arus Energi Tekanan

Massa (kg)	Pengujian Nilai Arus (mA)					Rata – Rata (mA)
	1	2	3	4	5	
64	10,1	9,7	10	9,8	10,3	9,98
75	10,7	11,4	10,5	11,2	10,9	10,94
84	11,3	12,5	11,6	11,9	12	11,86
92	12,4	12,2	12,9	11,2	12,6	12,54
100	13,5	13,3	14,1	9,8	13,6	13,66



Gambar 4. 4 Grafik Arus Pada Energi Tekanan

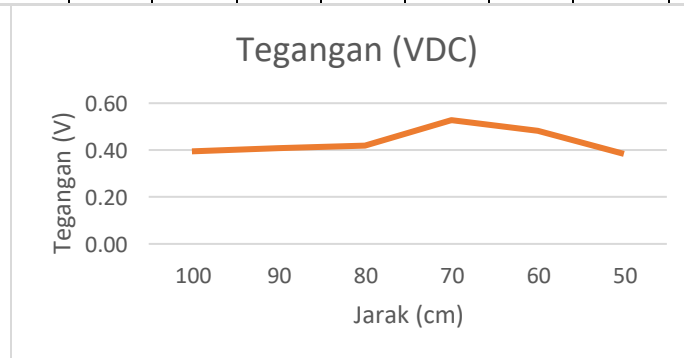
4.4 Pengujian Konversi Energi Angin menjadi Energi Listrik

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui arus dan tegangan yang maksimal dari hasil konversi energi angin menjadi energi listrik. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sumber energi angin berupa kipas angin dengan kecepatan 5 m/s diukur menggunakan anemometer dan jarak kipas angin ke kincir angin dari 50 cm – 100 cm. Selain itu kecepatan putaran kincir angin ditinjau menggunakan tachometer. Uji coba yang dilakukan sebanyak 5 kali, setiap uji coba dilakukan selama 60 detik. Pada penelitian ini arus dan tegangan akan ditinjau menggunakan multimeter digital. Berikut adalah hasil peninjauan keluaran nilai arus dan tegangan yang telah dilakukan :

Tabel 4. 7 Pengujian Nilai Tegangan dan Kecepatan Putaran

Jarak (cm)	Pengujian Nilai Tegangan (V) dan Kecepatan Putaran										Rata – Rata (V)
	1 (V)	RP M	2 (V)	RP M	3 (V)	RP M	4 (V)	RP M	5 (V)	RP M	
100	0,41	487	0,41	486	0,37	485	0,40	490	0,39	487	0,40
90	0,39	495	0,44	494	0,38	486	0,41	490	0,42	490	0,41

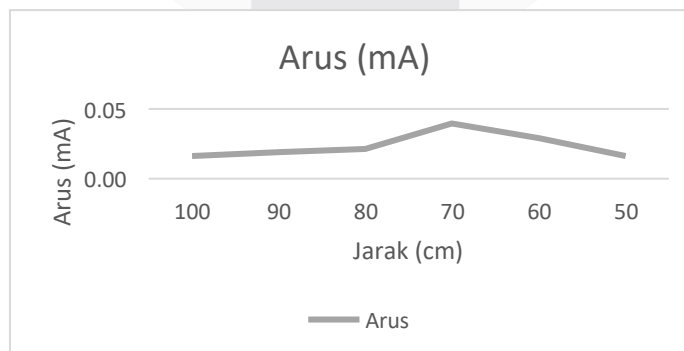
80	0,38	495	0,42	495	0.42	495	0.43	495	0.45	497	0.42
70	0,56	497	0,51	498	0.54	499	0.50	498	0.53	495	0.53
60	0,50	495	0,47	496	0.49	497	0.46	497	0.49	495	0.48
50	0,38	491	0,39	484	0.36	485	0.39	488	0.40	491	0.38



Gambar 4. 5 Grafik Tegangan Pada Energi Angin

Tabel 4. 8 Pengujian Nilai Arus dan Kecepatan Putaran

Jarak (cm)	Pengujian Nilai Arus (mA) dan Kecepatan Putaran										Rata – Rata (mA)
	1 mA	RPM	2 mA	RPM	3 mA	RPM	4 mA	RPM	5 mA	RPM	
100	0.017	487	0.015	486	0.014	485	0.019	490	0.017	487	0.02
90	0.016	495	0.017	494	0.016	486	0.022	490	0.023	490	0.02
80	0.015	495	0.018	495	0.024	495	0.023	495	0.027	497	0.02
70	0.035	497	0.04	498	0.039	499	0.042	498	0.042	495	0.04
60	0.025	495	0.023	496	0.031	497	0.028	497	0.039	495	0.03
50	0.016	491	0.015	484	0.014	485	0.017	488	0.019	491	0.02

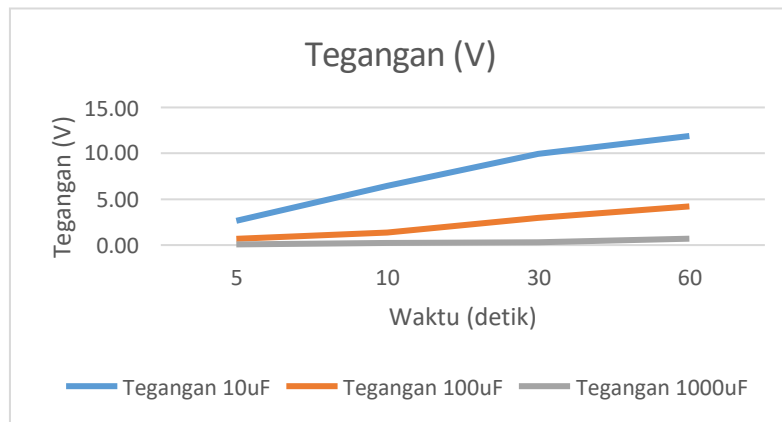


Gambar 4. 6 Grafik Arus Pada Energi Angin

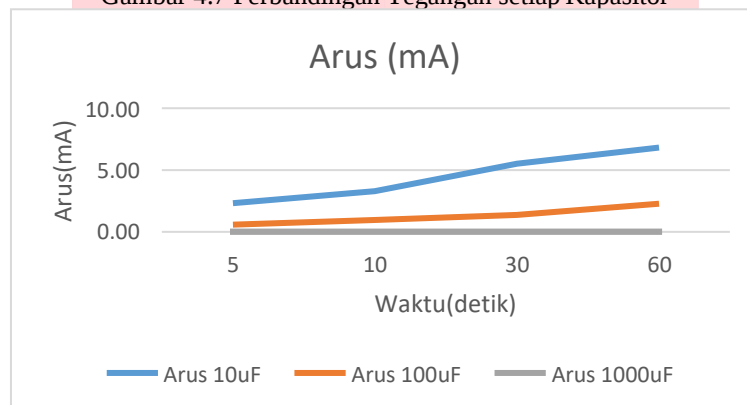
4.5 Pengujian Konversi Hybrid Energi Suara, Energi Tekanan Pijakan dan Energi Angin menjadi Energi Listrik Pada Pengisian Kapasitor

Pada pengujian ini bertujuan untuk meninjau arus dan tegangan yang dihasilkan dari konversi hybrid energi suara, energi tekanan pijakan dan energi angin menjadi energi listrik pada pengisian kapasitor. Pengujian

ini dilakukan menggunakan sumber suara dari speaker dengan intensitas suara 100 dB – 110 dB, sumber energi tekanan pijakan manusia dengan massa 100 kg dan sumber energi angin dari kipas angin dengan kecepatan 5 m/s dengan jarak kipas angin ke kincir angin 70 cm. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali uji coba. Setiap uji coba dilakukan selama 60 detik. Pada pengujian ini menggunakan kapasitor 10 μ F, 100 μ F, dan 1000 μ F untuk meninjau arus dan tegangan konversi energi hybrid. Pada penelitian ini arus dan tegangan akan ditinjau melalui multimeter digital.



Gambar 4.7 Perbandingan Tegangan setiap Kapasitor



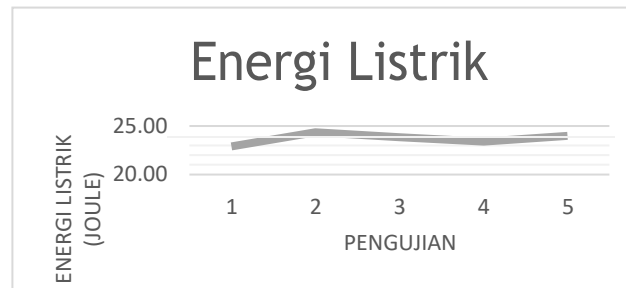
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Arus Setiap Kapasitor

4.6 Pengujian Konversi Hybrid Energi Suara, Energi Tekanan Pijakan dan Energi Angin menjadi Energi Listrik

Pada pengujian ini bertujuan untuk meninjau arus, tegangan dan energi listrik yang dihasilkan dari konversi hybrid energi suara, energi tekanan pijakan dan energi angin menjadi energi listrik. Pengujian ini meninjau arus maksimum dan tegangan maksimum dari sistem hybrid tersebut. Pengujian ini dilakukan menggunakan sumber suara dari speaker dengan intensitas suara 100 dB – 110 dB, sumber energi tekanan pijakan manusia dengan massa 100 kg dan sumber energi angin dari kipas angin dengan kecepatan 5 m/s dengan jarak kipas angin ke kincir angin 70 cm. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali uji coba. Setiap uji coba dilakukan selama 60 detik. Pada pengujian ini ditinjau menggunakan multimeter digital. Berikut ini tabel dan grafik energi listrik yang dapat dihasilkan dari pengujian konversi hybrid energi suara, energi tekanan pijakan dan energi angin :

Tabel 4. 16 Energi Listrik dari Sistem Hybrid

Energi Listrik dari Pengujian Hybrid Tanpa Kapasitor			
Pengujian	Tegangan (V)	Arus (A)	Energi Listrik (joule)
1	27.60	0.0138	22.89
2	28.30	0.0143	24.35
3	28.10	0.0141	23.82
4	27.90	0.0140	23.35
5	28.15	0.0142	23.98
Rata - Rata	28.01	0.014088	23.68



Gambar 4. 26 Energi Listrik Sistem Hybrid

Dapat disimpulkan, rata – rata tegangan maksimum adalah 28,01 dan arus maksimum adalah 14,08 mA. Sementara itu, rata – rata energi listrik yang dihasilkan dari prototipe hybrid ini adalah 23,68 joule.

4.7 Cost Analisis

Pada bagian ini akan melakukan analisis terhadap biaya listrik per kWh yang dihasilkan dari prototipe hybrid energi suara, energi tekanan dan energi angin menjadi energi listrik dan dibandingkan dengan tarif listrik dari PLN. Analisis ini menggunakan metode LCOE (levelized cost of electricity). LCOE adalah ukuran rata-rata biaya pada nilai saat dari pembangkitan listrik yang dihasilkan oleh suatu aset selama masa pemakaiannya. LCOE dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini :

$$LCOE = \frac{\text{Sum of costs over lifetime}}{\text{Sum of electricity produce over lifetime}} \quad (4.1)$$

Pada prototipe ini membutuhkan biaya pembuatan dan biaya pemeliharaan sebagai berikut ini :

Tabel 4. 17 Biaya Pembuatan Prototipe

Biaya Pembuatan Prototipe		
Piezoelektrik	IDR	850,000.00
Resonator	IDR	250,000.00
Papan Pijakan	IDR	250,000.00
Kincir Angin	IDR	700,000.00
Dioda	IDR	78,000.00
Kapasitor	IDR	300,000.00
Kabel	IDR	100,000.00
Total Biaya	IDR	2,528,000.00

Sementara itu biaya pemeliharaannya setiap tahun sebesar Rp. 200.000. Biaya pemeliharaan ini dibutuhkan ketika prototipe ini ada bagian yang bermasalah. Energi listrik yang dihasilkan selama satu tahun dari prototipe ini adalah 343,1 kWh. Nilai tersebut di dapatkan dari hasil energi listrik sebesar 23,68 joule dalam satu menit lalu di konversi menjadi energi listrik selama satu tahun. Jika diasumsikan prototipe ini digunakan selama 10 tahun, maka di dapatkan nilai LCOE dari prototipe ini adalah sebagai berikut :

$$LCOE = \frac{4.528.000}{3774.1} = 1.200$$

Perhitungan tarif penjualan listrik adalah dengan menambahkan margin keuntungan sebesar 8% dari perhitungan LCOE. Margin keuntungan 8% adalah yang umum dipergunakan oleh PLN. Maka tarif listrik untuk mengembalikan modal investasi dari prototipe ini adalah Rp. 1.296 / kWh. Jika prototipe ini di realisasikan di kawasan industry, untuk tarif listrik satu lampu penerangan jalan umum LED 20 Watt yang digunakan selama 12 jam pada malam hari, maka tarif listriknya selama satu hari adalah Rp. 311. Maka selama satu bulan tarif listriknya sebesar Rp. 9.,330. Jika dibandingkan dengan tarif listrik PLN, berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2016, untuk Kawasan industry besar pada tegangan tinggi dengan daya lebih dari 30.000 Kva dikenakan biaya Rp. 996,7 / kWh. Maka tarif listrik satu lampu penerangan jalan umum LED 20 Watt yang digunakan selama 12 jam, tarif listriknya dalam satu hari adalah Rp. 239,28. Jika satu bulan tarif listriknya adalah Rp. 7,178. Dapat disimpulkan dari perbandingan tarif listrik pada prototipe hybrid dengan tarif listrik PLN menunjukan biaya tarif listrik PLN lebih murah dibandingkan dengan tarif listrik prototipe hybrid. Maka jika ditinjau dari sisi ekonomi prototipe ini tidak layak dikembangkan, butuh perancangan prototipe yang dapat mengurangi tarif listrik agar lebih murah dari tarif listrik PLN.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, kesimpulan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini telah berhasil membuat prototipe menggunakan bahan piezoelektrik sebagai bahan utama. Prototipe ini mampu mengubah energi suara, energi tekanan pijakan dan energi angin menjadi energi listrik, tetapi arus yang dihasilkan masih sangat kecil. Energi listrik yang dihasilkan masih relatif sangat kecil untuk dijadikan energi cadangan pada Kawasan pabrik industri
2. Hasil pengujian dari masing – masing sumber energi, sumber energi tekanan pijakan lebih besar dari energi suara dan energi angin. Tegangan dan arus rata- rata dari energi tekanan adalah 27,07 V dan 13,66 mA pada massa 100 kg. Tegangan dan arus rata – rata dari energi suara adalah 1,145 V dan 0,460 mA pada tingkat kebisingan 100-110 dB. Tegangan dan arus rata – rata dari energi angin adalah 0,53 V dan 0,04 mA pada jarak kipas angin ke kincir angin 70 cm . Hal ini dikarenakan piezoelektrik yang digunakan lebih banyak dan tekanan yang diberikan dari pijakan ke piezoelektrik lebih besar dari tekanan yang diberikan energi suara dan energi angin.
3. Hasil pengujian system hybrid pada pengisian kapasitor menunjukan kapasitor 10 μ F relative lebih tinggi dibanding kapasitor lainnya
4. Hasil pengujian system hybrid menjadi energi listrik adalah tegangan rata – rata 28,01 V, arus rata – rata 14,08 mA dan energi listrik 23,68 joule. Dari energi listrik yang dihasilkan maka tarif listrik per kWh dari prototipe system hybrid ini adalah Rp. 1.296 / kWh

5.2 Saran

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

1. Perlu menggunakan piezoelektrik yang diameternya lebih besar karena semakin besar diameter semakin besar tegangan dan arus yang dihasilkan agar dapat digunakan untuk pengisian baterai sehingga dapat digunakan untuk keperluan barang elektronik.
2. Perlu pengembangan terhadap pemanfaatan piezoelektrik sehingga dapat diaplikasikan sebagai penghasil listrik. Walaupun tidak dapat menggantikan 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. Perlu pengembangan terhadap desain prototipe untuk mengurangi penggunaan kabel yang berlebihan.

REFERENSI

- [1] A. J. Nawawi, G. Ma, and N. S. Arsyi, “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,” 2018
- [2] ETHELBERT DAVITSON PHANIAS, “Pemanfaatan Teknologi Hybrid Berbasis Program Studi Pendidikan Fisika,” Makal. Univ. Palangkaraya, 2014.
- [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/techné.v17i01.172.
- [4] I. M. Adi Sayoga, I. K. Wiratama, M. Mara, and A. D. Catur, “PENGARUH VARIASI JUMLAH BLADE TERHADAP AERODINAMIK PERFORMAN PADA RANCANGAN KINCIR ANGIN 300 Watt,” *Din. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 103–109, 2014, doi: 10.29303/d.v4i2.59.
- [5] W. Hidayatullah, M. Syukri, and Syukriyadin, “Perancangan Prototype Penghasil Energi Listrik Berbahan Dasar Piezoelektrik,” *KITEKTRO J. Online Tek. Elektro*, vol. 1, no. 3, pp. 63–67, 2016.
- [6] F. Savira et al., “PROTOTIPE ALAT PENGHASIL LISTRIK DARI TEKanan MEKANIS BERBASIS PIEZOELEKTRIK,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 21, no. 2, pp. 1689–1699, 2017, [Online]. Available: [https://www.oecd.org/dac/accountable-effective-institutions/Governance Notebook 2.6 Smoke.pdf](https://www.oecd.org/dac/accountable-effective-institutions/Governance%20Notebook%202.6%20Smoke.pdf).
- [7] S. Nurhabibah and M. Panjaitan, “Pembelajaran fisika dasar dan elektronika dasar (arus, hambatan dan tegangan listrik) menggunakan aplikasi matlab metode simulink,” *J. Ikat. Alumni Fis. Univ. Negeri Medan*, vol. 4, no. 2, pp. 2–5, 2018, [Online]. Available: [blob:https://jurnal.unimed.ac.id/fb5fa763-b68c-4be6-a825-86effc37ff4f](https://jurnal.unimed.ac.id/fb5fa763-b68c-4be6-a825-86effc37ff4f).
- [8] <https://www.samrasyid.com/>. (2021, 27 Januari). Daya Listrik dan Energi Listrik. Diakses pada 8 Agustus 2021. dari <https://www.samrasyid.com/2021/01/daya-listrik-dan-energi-listrik.html>

