



KARYA ILMIAH

SMA KOLESE DE BRITTO



Pemanfaatan Piezoelectric Sebagai Solusi Atas Tindak Kriminalitas dan Kecurangan di Sekolah

Azarel Gustijanitra Rafashallom ^{a,1*}, Chris Cara apin ^{b,2}, Aloysia Dianita Budiati

^a SMA Kolese De Britto, Yogyakarta, Indonesia

¹ 17795@student.debritto.sch.id*; ² 17499@student.debritto.sch.id

*korespondensi penulis

Informasi artikel

Kata kunci:

Piezoelektrik
Energi terbarukan
Efisiensi energi
Integritas Ujian
Eksploitasi batubara

ABSTRAK

Eksploitasi batu bara untuk pembangkit listrik semakin tidak terkendali, menimbulkan dampak negatif seperti limbah yang merusak ekosistem dan kehidupan manusia. Selain itu, tingginya kecurangan ujian disebabkan oleh rendahnya self-efficacy siswa dalam mengerjakan ujian meski keinginan untuk mendapatkan nilai maksimal tinggi. Penelitian ini bertujuan menguji efektivitas piezoelectric sebagai solusi alternatif energi, menggunakan meja siswa kelas XI-4 dengan dua variasi lampu LED sebagai variabel percobaan. Penelitian dilakukan melalui eksperimen menggunakan piezoelectric yang dipasang pada laci meja, dengan variabel berupa konfigurasi rangkaian dan warna lampu LED. Data dianalisis berdasarkan tegangan, arus, daya, serta modus kapasitas maksimal piezoelectric. Hasil menunjukkan piezoelectric efektif dalam menghasilkan daya yang cukup besar. Percobaan mengatakan jika rangkaian paralel lebih optimal dibanding seri. Namun, implementasi pada lampu laci kurang cocok karena intensitas cahaya yang dihasilkan cukup rendah dan energi listrik yang dihasilkan pun kurang stabil.

Keywords:

*Piezoelectric
Renewable energy
Energy efficiency
Exam integrity
Coal exploitation*

ABSTRACT

The exploitation of coal for power generation is becoming increasingly uncontrolled, causing negative impacts such as waste that damages ecosystems and human life. Additionally, the high incidence of exam cheating is caused by the low self-efficacy of students in taking exams, despite their strong desire to achieve high scores. This study aims to test the effectiveness of piezoelectric as an alternative energy solution, using the desks of 11th-grade students in class XI-4 with two variations of LED lights as experimental variables. The research was conducted through experiments using piezoelectric devices installed in the desk drawer, with variables including circuit configuration and LED light color. Data were analyzed based on voltage, current, power, and the mode of maximum capacity of the piezoelectric. The results show that piezoelectric materials are effective in generating a significant amount of power. The experiment indicates that a parallel circuit is more optimal than a series circuit. However, the implementation in drawer lamps is less suitable because the light intensity produced is quite low and the generated electrical energy is also less stable.

© 2023 (Nama Penulis). All Right Reserved

Pendahuluan

Energi merupakan sumber daya yang menjadi kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia. Energi sangat penting bagi kehidupan manusia karena memberikan daya atau kekuatan untuk melakukan aktivitas. Energi juga tidak

dapat dilihat oleh manusia namun dapat dirasakan oleh manusia karena energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan (Deden Kurniawan, 2020). Namun, saat ini Indonesia sedang mengalami krisis energi terlebih pada energi listrik. Penyebab krisis energi di Indonesia adalah

eksploitasi energi fosil yang cukup berlebih dalam menghasilkan energi listrik. Energi fosil termasuk ke dalam sumber daya alam, maka ketersediaannya di bumi hanya bersifat sementara dan tidak dapat diperbaharui (Susi Marlinda, 2024), maka eksploitasi energi yang berlebih dapat menyebabkan terjadinya krisis energi listrik karena ketersediaannya yang semakin menipis.

Indonesia merupakan negara yang kaya akan energi fosil (Rafi Maulana, 2020). Berbagai jenis energi fosil dimiliki Indonesia seperti Minyak Bumi, Batu Bara, dan Gas Alam. Kekayaan akan energi fosil yang dimiliki Indonesia karena kondisi geografis yang masuk dalam Ring of Fire yang menjadi penyebab banyaknya tambang dan gunung api aktif di Indonesia. Menurut databoks pada tahun 2023, Indonesia menduduki posisi ke-3 sebagai negara dengan produksi batu bara terbesar di dunia dengan jumlah produksi sekitar 725 juta ton batubara setiap tahun dan mengalahkan Amerika Serikat dan Rusia yang menduduki peringkat 4 dan 5 dengan jumlah produksi hanya mencapai sekitar 450 juta ton setiap tahunnya.

Batu Bara merupakan energi fosil yang berasal dari proses pembusukan atau endapan organik dari tumbuhan seperti daun, dan batang yang dipengaruhi oleh tekanan dan temperatur dalam waktu lama (Calista Atika Hapsari, 2022). Pembuatan batu bara membutuhkan waktu sekitar 500 tahun untuk terbentuk kembali karena pada pembuatan batu bara melewati berbagai tahapan. Tahapan pembuatan batu bara dimulai pada proses penggabutan menjadi lignite, kemudian sub bituminous, bituminous, sampai dengan antrasit (Shima Parameswari Adji, 2022). Ketersediaan batu bara saat ini menjadikan ketergantungan pada masyarakat akan batu bara sebagai penghasil energi listrik, padahal pembuatannya membutuhkan waktu cukup lama sekitar 500 tahun, maka adanya ketergantungan dari masyarakat terhadap batu bara akan menjadi permasalahan karena aktivitas manusia yang selalu membutuhkan energi listrik sehingga kekurangan energi yang akan menjadikan manusia kesulitan dalam beraktivitas.

Tidak hanya pembentukan batu bara selama 500 tahun yang menjadi permasalahan penting, namun produksi energi listrik yang berasal dari batu bara akan menjadi permasalahan terbaru bagi masyarakat karena hasil produksi pabrik akan menghasilkan energi listrik dan menghasilkan limbah pabrik. Pada pengolahan

batu bara menjadi energi listrik, limbah pabrik yang dihasilkan terbagi ke dalam 3 jenis yaitu limbah padat yang berasal dari pembakaran yang tidak sempurna sehingga meninggalkan logam berat dan material lainnya, limbah cair yang mengandung bahan kimia yang beracun bagi tumbuhan dan hewan serta dapat menyebabkan terjadinya polusi air, dan limbah asap yang mengandung berbagai emisi udara yang disebarkan melalui cerobong asap ke udara yang akan menyebabkan terjadinya polusi udara karena emisi udara yang terkandung dalam asap sangat berbahaya bagi lapisan atmosfer bumi (M Faza Nanda, 2024). Menurut Kementerian ESDM, timbulnya permasalahan yang cukup berat dari penggunaan batu bara sebagai penghasil energi listrik perlu diperhatikan oleh pemerintah dengan pemanfaatan solusi lainnya.

Salah satu solusi yaitu pemanfaatan piezoelectric dalam menghasilkan energi listrik. Piezoelectric adalah perkembangan teknologi yang memanfaatkan tekanan dan getaran untuk menghasilkan suatu energi listrik (Diana Rahmawati, 2021). Energi listrik yang dihasilkan dari adanya tekanan bersifat sementara yang akan disimpan pada kapasitor. Penggunaan piezoelectric sesuai sebagai alternatif batu bara sebagai penghasil listrik, karena piezoelectric memanfaatkan tekanan manusia dan semakin besar tekanan yang diberikan maka tegangan yang dihasilkan juga akan semakin besar.

Kasus kecurangan yang dilakukan oleh siswa dan mahasiswa sudah marak terjadi. Berdasarkan penelitian oleh Zayyinul Musthofa, terkait siswa SMA di Jawa Tengah pernah melakukan tindak kecurangan saat pelaksanaan ujian. Sebanyak 93,5% siswa di Jawa Tengah melakukan aksi kecurangan sedangkan hanya terdapat 6,5% siswa saja yang tidak melakukan tindak kecurangan. Menurut penelitian oleh Devi Rahayu Fachtonim, menyatakan jika adanya tindak ketidakjujuran dan kecurangan karena adanya self-efficacy yang dialami oleh siswa dan mahasiswa. Selain self-efficacy, sebagai sharing, tindak kecurangan juga dikarenakan adanya keinginan siswa dan mahasiswa untuk mendapatkan nilai tinggi, namun tidak adanya keinginan untuk berusaha dan memberikan effort. Karena tingkat kecurangan siswa di Indonesia yang cukup tinggi, maka penelitian ini akan berfokus pada solusi dan upaya untuk mencegah adanya kecurangan yang dilakukan siswa dengan menerapkan teknologi piezoelectric pada meja siswa sebagai penerang laci meja.

Kajian Literatur

2.1 Piezoelektrik

Piezoelektrik adalah perkembangan teknologi yang menghasilkan energi listrik. Piezoelectric berasal dari 2 kata yaitu piezo dan elektrik. Piezo berarti tekanan, dan elektrik berarti listrik, maka piezoelectric merupakan teknologi penghasil listrik dengan mengubah tekanan ataupun getaran dari suatu objek menjadi energi listrik (Almanda, 2016). Sebagai teknologi, piezoelectric berfungsi seperti solar panel yaitu menjadi peralatan yang meregenerasi listrik

2.1.1 Sejarah dan Pengertian

Piezoelektrik adalah fenomena dimana material tertentu menghasilkan tegangan listrik saat mengalami tekanan mekanis, dan sebaliknya, material ini juga dapat berubah bentuk saat diberikan medan listrik (Mowaviq, 2018). Efek ini ditemukan oleh Pierre dan Jacques Curie pada tahun 1880 pada kristal kuarsa.

Pada abad ke-20, peralatan piezoelectric mulai dikembangkan dan diperkenalkan kepada masyarakat dengan penerapannya pada berbagai objek, seperti sensor, pemantik listrik, dan perangkat ultrasonik. Material keramik penghasil piezoelectric menjadi fokus pengembangan saat ini, memungkinkan aplikasi piezoelectric yang lebih luas dan efisien di berbagai bidang.

2.1.2 Prinsip dan Metode Kerja

Prinsip kerja piezoelektrik didasarkan pada interaksi antara deformasi mekanis dan medan listrik. Material piezoelektrik merespons perubahan tekanan mekanis dan medan listrik, menghasilkan tegangan listrik yang berubah-ubah secara periodik (AC). Arus AC yang diberikan ke material piezoelektrik akan menyebabkan material bergetar atau berubah bentuk secara berulang-ulang.

Ketika seluruh rangkaian dan komponen dipasangkan, dioda dari sebuah rangkaian piezoelektrik akan mengubah arus AC menjadi arus DC atau arus searah. Hal ini terjadi karena pada pemasangan komponen secara lengkap, arus mengalir secara searah dan berurutan/runtut sehingga arus yang dihasilkannya akan searah, yang membuat energi listrik menjadi stabil dan

cukup maksimal. Pada rangkaian piezoelektrik secara utuh, tekanan yang diberikan akan menyalurkan energi listrik ke kapasitor untuk disimpan dan sebagai cadangan energi, sehingga energi yang dihasilkan nantinya akan bisa maksimal karena masih memiliki sisa energi yang tersimpan di dalam kapasitor (Imamul Khair, 2021).

2.1.3 Rangkaian

Rangkaian listrik adalah susunan komponen listrik yang saling berhubungan untuk memberikan aliran listrik. Rangkaian listrik terdiri dari dua kata, yaitu "rangkaiannya" yang berarti susunan atau komponen yang dirangkai menjadi satu kesatuan, dan "listrik" yang merupakan daya yang ditimbulkan karena adanya pergeseran untuk menghasilkan panas atau cahaya sebagai penerangan. Jadi, rangkaian listrik adalah susunan dari berbagai komponen listrik yang saling berhubungan dan terdapat aliran listrik untuk menghasilkan panas dan cahaya (Fadlillah Khoirun Nisa, 2024).

Hukum Ohm adalah konsep dasar dalam ilmu kelistrikan yang menjelaskan tentang hubungan atau korelasi dari kuat arus, tegangan, dan hambatan dalam suatu rangkaian listrik (Umi Pratiwi, 2023). Hukum Ohm diperkenalkan oleh Georg Simon Ohm, seorang fisikawan Jerman, pada tahun 1825. Hukum Ohm menyatakan bahwa "Besarnya kuat arus yang mengalir pada suatu rangkaian akan sebanding dengan tegangan dan akan berbanding terbalik dengan hambatan suatu rangkaian" (Hilma Nurul Fajrin, 2023).

Kuat arus listrik (I) diukur dalam satuan Ampere (A). Kuat arus listrik sebanding dengan tegangan (V) dan berbanding terbalik dengan hambatan (R). Persamaan untuk menghitung kuat arus listrik adalah: (Fajrin & M., 2023)

$$I = V / R$$

di mana:

- I = Kuat Arus Listrik (Ampere)
- V = Tegangan (Volt)
- R = Hambatan (Ohm)

Tegangan (V) diukur dalam satuan Volt (V). Tegangan sebanding dengan kuat arus (I) dan

hambatan (R). Persamaan untuk menghitung tegangan adalah: (Yasi & F., 2021)

$$V = I \times R$$

di mana:

- V = Tegangan (Volt)
- I = Kuat Arus Listrik (Ampere)
- R = Hambatan (Ohm)

Hambatan (R) diukur dalam satuan Ohm (Ω).

Hambatan berbanding terbalik dengan kuat arus (I) dan sebanding dengan tegangan (V).

Persamaan untuk menghitung hambatan adalah: (Anugrah, 2022)

$$R = V / I$$

di mana:

- R = Hambatan (Ohm)
- V = Tegangan (Volt)
- I = Kuat Arus Listrik (Ampere)

Dalam pembuatan rangkaian piezoelektrik, terdapat rangkaian seri dan paralel. Pada rangkaian seri, tegangan yang dihasilkan adalah pertambahan jumlah disc piezoelektrik (Pradistia & A., 2022). Pada rangkaian paralel, arus yang dihasilkan adalah pertambahan jumlah disc piezoelektrik (Nugroho & H., 2023).

2.2 Penerapan

Laci meja dapat dilengkapi dengan lampu kecil yang dinyalakan dengan piezoelektrik atau baterai (Triyanto, 2015). Dengan menggunakan piezoelektrik yang dirangkai dengan baterai, lampu dapat menjadi peralatan penerangan laci meja yang efisien.

Metode

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen sehingga pendekatan yang digunakan adalah melakukan percobaan atau uji coba dari produk kami yaitu rangkaian *piezoelectric* yang dipadukan dengan rangkaian listrik. Penelitian ini

dilakukan dengan pendekatan pada *piezoelectric* sebagai objek penelitian. Selain pendekatan pada objek, kami juga melakukan pendekatan pada optimalisasi pemakaiannya sebagai penerang laci. Penelitian ini dilakukan di meja siswa kelas XI-4 dan dilakukan pada Laboratorium Fisika SMA Kolese De Britto. Penelitian dilakukan dengan percobaan sehingga dibutuhkan alat dan bahan untuk proses pembuatan seperti *piezoelectric*, dioda, kapasitor, resistor, lampu, kabel, tenol, lampu LED, dan tentunya multimeter sebagai alat ukur tegangan, kuat arus, dan daya rangkaian *piezoelectric*.

Adapun berbagai teknik yang penulis gunakan yaitu melakukan beberapa kali percobaan dan menghitung rata-rata dari keseluruhan data yang akan digunakan serta penulis juga mengelompokkan beberapa data berdasarkan banyaknya data yang sama atau modus untuk memperoleh hasil penelitian yang sangat maksimal. Berbagai tahapan yang penulis lakukan adalah melakukan studi literatur sebagai proses awal penelitian, kemudian kemudian rangkaian *piezoelectric*, pengambilan data dilakukan dengan proses uji coba pada produk, analisis berbagai data yang telah diperoleh dan membandingkan setiap data dengan berbagai tahapan sebagai bahan pembahasan, interpretasi data penelitian beserta dengan analisis, dan menuliskan kesimpulan dari seluruh proses penelitian dan menjawab tujuan penelitian.

Hasil dan pembahasan

Tabel 1. Data percobaan rangkaian paralel pada lampu berwarna violet

DATA KE	NAMA PENGUJI	BERAT BADAN	TEGANGAN (V)	KUAT ARUS (mA)	DAYA (mW)
1	CHRIS	87	2,09	0,0066	0,0138
2			2,31	0,0059	0,0136
3			1,79	0,0047	0,0084
4			2,58	0,0041	0,0106
5			2,15	0,0032	0,0069
RATA-RATA			2,184	0,0049	0,0107
1	AZAREL	74	2,47	0,0058	0,0143
2			2,81	0,006	0,0169
3			2,7	0,0034	0,0092
4			2,65	0,0023	0,0061
5			2,92	0,0086	0,0251
RATA-RATA			2,71	0,0052	0,0143

Tabel 2. Data percobaan rangkaian seri pada lampu berwarna violet

DATA KE	NAMA PENGUJI	BERAT BADAN	TEGANGAN (V)	KUAT ARUS (mA)	DAYA (mW)
1	CHRIS	87	1,12	0,0027	0,0030
2			1,08	0,003	0,0032
3			0,94	0,0034	0,0032
4			1,07	0,0028	0,0030
5			0,88	0,0023	0,0020
RATA-RATA			1,018	0,00284	0,0029
1	AZAREL	74	0,91	0,0034	0,0031
2			0,94	0,0014	0,0013
3			0,96	0,0033	0,0032
4			0,84	0,0026	0,0022
5			0,91	0,0035	0,0032
RATA-RATA			0,912	0,00284	0,0026

Tabel 3. Data percobaan rangkaian paralel pada lampu berwarna merah

DATA KE	NAMA PENGUJI	BERAT BADAN	TEGANGAN (V)	KUAT ARUS (mA)	DAYA (mW)
1	CHRIS	87	2,03	0,0066	0,0134
2			2,26	0,006	0,0136
3			1,89	0,0047	0,0089
4			2,61	0,0058	0,0107
5			2,13	0,0032	0,0068
RATA-RATA			2,184	0,00526	0,0107
1	AZAREL	74	2,39	0,0041	0,0098
2			2,41	0,0059	0,0145
3			2,26	0,0034	0,0077
4			2,31	0,0029	0,0067
5			2,43	0,0086	0,0209
RATA-RATA			2,36	0,0050	0,0119

Tabel 4. Data percobaan rangkaian seri pada lampu berwarna merah

DATA KE	NAMA PENGUJI	BERAT BADAN	TEGANGAN (V)	KUAT ARUS (mA)	DAYA (mW)
1	CHRIS	87	1,39	0,0029	0,0040
2			1,34	0,0019	0,0025
3			1,38	0,0029	0,0040
4			1,34	0,0024	0,0032
5			1,44	0,0029	0,0042
RATA-RATA			1,378	0,0026	0,0036
1	AZAREL	74	1,31	0,0018	0,0024
2			1,26	0,0041	0,0052
3			1,3	0,0014	0,0018
4			1,11	0,0023	0,0026
5			1,29	0,0031	0,0040
RATA-RATA			1,254	0,00254	0,0032

Piezoelectric adalah teknologi fisika yang mampu menghasilkan energi listrik dari bahan berbasis keramik melalui prinsip polarisasi muatan listrik. Prinsip dasar piezoelectric adalah mengubah energi mekanis atau tekanan menjadi energi listrik. Ketika tekanan diberikan pada bahan piezoelectric, muatan listrik positif dan negatif dalam bahan tersebut mengalami pergeseran, menciptakan perbedaan potensial yang menghasilkan arus listrik.

Dalam penelitian ini, piezoelectric dikombinasikan dengan dua jenis rangkaian listrik untuk meningkatkan dan mengoptimalkan energi yang dihasilkan. Setiap rangkaian menggunakan empat buah piezoelectric dengan tujuan memperoleh hasil pengukuran yang lebih tinggi dan meningkatkan output energi untuk menyalakan lampu. Rangkaian listrik yang digunakan terdiri dari dua konfigurasi utama, yaitu rangkaian seri dan rangkaian paralel.

Pada rangkaian seri, pemasangan kabel dilakukan dengan menghubungkan kutub positif dari satu piezoelectric ke kutub negatif dari piezoelectric berikutnya. Konfigurasi ini

menghasilkan tegangan yang lebih besar karena tegangan dari masing-masing piezoelectric dijumlahkan. Sebaliknya, dalam rangkaian paralel, semua kutub positif dari piezoelectric dihubungkan bersama, demikian pula dengan kutub negatifnya. Konfigurasi ini memungkinkan arus listrik yang lebih stabil, meskipun tegangan yang dihasilkan tidak sebesar rangkaian seri.

Selain konfigurasi rangkaian, penelitian ini juga melibatkan berbagai komponen listrik, seperti dioda, kapasitor, dan resistor. Dioda berfungsi sebagai penyearah arus listrik dengan mengubah arus bolak-balik (AC) yang dihasilkan oleh piezoelectric menjadi arus searah (DC), sehingga lebih stabil dan optimal untuk digunakan. Kapasitor digunakan sebagai penyimpanan sementara energi listrik yang dihasilkan sebelum digunakan untuk menyalakan lampu. Sementara itu, resistor berperan sebagai hambatan listrik untuk mengatur arus yang masuk ke lampu LED, mencegah lonjakan arus yang dapat merusak lampu.

Penelitian ini juga menggunakan variasi warna lampu LED untuk membandingkan intensitas cahaya yang dihasilkan. Dua jenis lampu LED yang digunakan adalah merah dan violet. Pemilihan ini didasarkan pada perbedaan voltase minimum yang dibutuhkan untuk menyala. Lampu LED merah memiliki tegangan minimum sekitar 1,8 - 2 Volt, sedangkan lampu LED violet membutuhkan tegangan yang lebih tinggi, yaitu sekitar 3 - 4 Volt. Selain perbedaan tegangan, panjang gelombang cahaya dari kedua lampu juga berbeda, di mana lampu merah memiliki panjang gelombang lebih panjang dan membutuhkan energi foton lebih rendah dibandingkan dengan lampu violet. Hal ini mempengaruhi intensitas cahaya yang dihasilkan oleh masing-masing lampu.

Faktor utama yang mempengaruhi hasil pengukuran piezoelectric dalam penelitian ini adalah massa subjek yang memberikan tekanan. Semakin besar massa subjek, semakin besar gaya yang diberikan pada piezoelectric, sehingga energi listrik yang dihasilkan juga meningkat. Selain itu, luas penampang piezoelectric juga mempengaruhi tekanan yang diberikan. Dengan luas penampang yang lebih kecil, tekanan yang dihasilkan akan lebih besar, sehingga energi listrik yang diperoleh juga lebih tinggi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan mika sebagai lapisan di atas piezoelectric untuk

meningkatkan sensitivitas dan memastikan tekanan merata ke seluruh bagian piezoelectric.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada konsistensi dalam pengukuran, karena terdapat variabel lain yang mempengaruhi seperti kecepatan pergerakan dan gaya tekanan yang diberikan oleh penulis. Semakin cepat gerakan dan semakin besar gaya tekanan yang diberikan, maka semakin besar pula energi listrik yang dihasilkan. Namun, karena tekanan yang diberikan tidak selalu sama dalam setiap percobaan, hasil pengukuran menunjukkan fluktuasi nilai tegangan, kuat arus, dan daya yang tidak stabil.

Efektivitas penggunaan piezoelectric dalam penelitian ini diukur berdasarkan daya yang dihasilkan, yang dihitung sebagai perkalian antara tegangan dan kuat arus. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan berkisar dalam satuan miliWatt (mW), dengan kapasitas maksimum piezoelectric yang dapat mencapai 2 mW. Dari data yang diperoleh, rangkaian paralel terbukti lebih efektif dibandingkan dengan rangkaian seri karena mampu menghasilkan daya yang lebih besar dan lebih stabil. Hal ini disebabkan oleh karakteristik rangkaian paralel yang memungkinkan distribusi arus listrik yang lebih merata dibandingkan rangkaian seri.

Selain membandingkan konfigurasi rangkaian listrik, penelitian ini juga mengevaluasi perbedaan intensitas cahaya antara lampu LED merah dan violet. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada rangkaian paralel, lampu violet menghasilkan tegangan, arus, dan daya yang lebih tinggi dibandingkan lampu merah. Hal ini sesuai dengan kebutuhan tegangan minimum yang lebih tinggi pada lampu violet. Namun, pada rangkaian seri, hasilnya justru sebaliknya, dimana lampu merah menghasilkan daya yang lebih tinggi dibandingkan lampu violet. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh ketidakmampuan rangkaian seri untuk menghasilkan tegangan yang cukup besar bagi lampu violet.

Pada proses pengamatan terhadap intensitas cahaya yang dihasilkan, dilihat jika nyala lampu violet lebih redup dibandingkan nyala lampu merah. Hal ini disebabkan karena tegangan minimum yang dibutuhkan oleh lampu violet cukuplah tinggi, dan kondisi pencahayaan ruangan yang terang sehingga mengurangi intensitas cahaya dari lampu. Sebaliknya, lampu merah terlihat lebih terang karena memiliki

tegangan minimum yang lebih rendah, sehingga dapat menyala lebih optimal dalam proses percobaan.

Keseluruhan hasil percobaan menunjukkan jika selisih perbedaannya tidak terlalu signifikan meskipun telah dilakukan banyak percobaan. Hal ini menunjukkan bahwa percobaan berhasil, karena ketiga lampu dapat menyala dengan tingkat intensitas yang berbeda sesuai tegangan yang dihasilkan. Dari segi efektivitas, rangkaian paralel lebih unggul dibandingkan rangkaian seri, dan lampu violet menghasilkan daya yang lebih tinggi meskipun intensitas cahayanya tidak setinggi atau kurang terlihat seperti lampu merah.

Implementasi piezoelectric dalam penelitian ini diarahkan untuk digunakan sebagai lampu penerangan dalam laci meja, dengan tujuan mengurangi risiko kecurangan saat ujian di sekolah. Laci meja adalah area yang gelap dan memiliki intensitas cahaya rendah, sehingga adanya lampu berbasis *piezoelectric*, intensitas cahaya dalam laci dapat meningkat. Hal ini dapat mencegah tindakan kecurangan dengan menyembunyikan catatan atau alat bantu di laci saat ujian berlangsung.

Namun, tantangan utama dalam implementasi ini adalah kestabilan hasil pengukuran dan konsistensi energi yang dihasilkan. Jika piezoelectric tidak dapat menghasilkan energi listrik secara stabil, maka lampu mungkin tidak menyala secara terus-menerus, sehingga efektivitas penggunaannya sebagai alat pencegah kecurangan akan berkurang. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan stabilitas dan efisiensi energi yang dihasilkan oleh piezoelectric, sehingga implementasinya di kehidupan nyata dapat lebih optimal.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil membuktikan bahwa piezoelectric dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik guna menyalakan lampu dalam skala kecil. Meskipun masih terdapat beberapa tantangan dalam hal kestabilan energi dan intensitas cahaya yang dihasilkan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa piezoelectric memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam berbagai bidang, terutama dalam penerangan berbasis tekanan mekanis.

Ucapan terima kasih

Penulis menghaturkan ucapan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penyelesaian makalah ini. Penulis

menghaturkan ucapan terima kasih kepada Bapak F.X. Catur Supatmono, M.Pd., Bapak Nova Tri Utomo, S.Pd., Bapak D. Pujiyono, S.Fk., dan Ibu Parmamita Suryaningrum, M.Pd., Ibu Aloysia Dianita Budiati, S.Pd., Bapak Prima Ibnu Wijaya, S.Pd., 5. Romo A. Wahyu Dwi Anggoro, S.J., Setiap anggota keluarga dan juga orang tua, seluruh teman kelas XI-4 dan seluruh teman SMA Kolese De Britto, serta seluruh pihak yang mendukung pada penelitian ini.

Referensi

1. Anjar Triyanto, Y. P. (2015). Pengembangan Lampu LED Alternatif sebagai Efisiensi Daya. *Jurnal Teknik Elektro*, 86-87.
2. Anugrah, D. (2022). Penerapan Hukum Kirchhoff dan Hukum Ohm pada Analisis Rangkaian Listrik Menggunakan Software *Electronics Workbench. Journal of Systems, Information Technology, and Electronics Engineering*, 1-11.
3. Calista Atika Hapsari, N. R. (2022). KARAKTERISTIK BATUBARA PADA SUMUR MK-02 BERDASARKAN ANALISIS PROKSIMAT, ULTIMAT, DAN KOMPOSISI MASERAL. *PADJADJARAN GEOSCIENCE JOURNAL*, 967-972.
4. Deden Kurniawan, E. S. (2020). ANALISA ENERGI IMPAK PADA BIJI MELINJO DENGAN MENGGUNAKAN ALAT *PRESS PRIMOVER COMPRESSED AIR SYSTEM*. *Jurnal ALMIKANIK*, 106-112.
5. Deni Almada, E. D. (2016). PENGUJIAN DESAIN MODEL PIEZOELEKTRIK PVDF BERDASARKAN VARIASI TEKANAN. *Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 1-6.
6. Diana Rahmawati, M. U. (2021). Lantai Pembangkit Listrik Menggunakan Piezoelektrik dengan Buck Converter LM2596. *Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEI)*, 84-89.
7. Dwi Yunianto Nugroho, A. H. (2023). Pengembangan Media Ajar Hukum Ohm dan Rangkaian Hambatan Menggunakan Model Pengembangan ADDIE. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 23674-23680.
8. Fadlillah Khoirun Nisa, D. A. (2024). Analisis Pemahaman Konsep Rangkaian Listrik Seri dan Paralel melalui Praktikum Sederhana. *Jurnal Belaindika: Pembelajaran dan Inovasi Pendidikan*, 107-118.
9. Hilma Nurul Fajrin, A. M. (2023). Analisis Pengaruh Tegangan dan Hambatan Terhadap Kuat Arus dengan Menggunakan Phet Simulation. *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*, 76-85.
10. Imamul Khair, S. S. (2021). ANALISA TEGANGAN DAN ARUS PADA SISTEM KONVERSI ENERGI SUARA MENJADI LISTRIK MENGGUNAKAN KOMPONEN PIEZOELEKTRIK. *e-Proceeding of Engineering*, 4250-4258.
11. M Faza Nanda, S. M. (2024). Analisis Pentingnya Pengelolaan Limbah Terhadap Kehidupan Sosial Bermasyarakat. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 97-107.
12. M. Imbarothur Mowaviq, A. J. (2018). LANTAI PEMANEN ENERGI LISTRIK MENGGUNAKAN PIEZOELEKTRIK. *JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN*, 112-118.
13. Rafi Maulana, O. D. (2020). KARAKTERISASI LAPISAN BATUBARA PADA TAMBANG ARANTIGA DAN SELUANG BENGKULU MENGGUNAKAN ANALISIS DATA PROKSIMAT. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 197-204.
14. Ratna Mustika Yasi, C. F. (2021). Pengaruh Tegangan Terhadap Besar Kuat Arus Listrik Pada Persamaan Hukum Ohm. *Journal Zetroem*, 34-36.
15. Rellinga Frendy Pradistia, D. A. (2022). Pemanfaatan Sensor Piezoelektrik Sebagai Penghasil Sumber Energi Dengan Tekanan Anak Tangga. *EMITOR: Jurnal Teknik Elektro*, 55-64.
16. Shima Parameswari Adji, S. F. (2022). Optimalisasi Peningkatan Kualitas Batubara Dengan Menggunakan Metode Flotasi. *Indonesian Mining and Energy Journal*, 45-49.
17. Susi Marlinda, M. H. (2024). DAMPAK PERTAMBANGAN BATUBARA TERHADAP LINGKUNGAN DI GAMPONG PENAGA CUT UJONG, ACEH BARAT. *Jurnal Pendidikan Geosfer*, 267-278.
18. Umi Pratiwi, E. P. (2023). Penguatan Pemahaman Materi Listrik Dinamis “Hukum Ohm” Menggunakan Model Pembelajaran “Discovery Learning” Pada Siswa Kelas X SMA N 1 Kebumen. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (JUDIKA)*, 11-20.