

SKRIPSI

PENGARUH DIAMETER *PIEZOELECTRIC DISK*
TERHADAP INTENSITAS SUARA DALAM
MENGHASILKAN DAYA LISTRIK PADA PABRIK
MEUBEL KAYU



Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

OLEH
DAFFA RAYHAN DERALBI
03041381924086

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023

LEMBAR PENGESAHAN

Pengaruh Diameter *Piezoelectric Disk* Terhadap Intensitas Suara Dalam
Menghasilkan Daya Listrik Pada Pabrik Meubel Kayu



SKRIPSI

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh:

DAFFA RAYHAN DERALBI

03041381924086

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU

NIP. 197108141999031005

Palembang, 3 Juli 2023

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Ike Bayusari, S.T., M.T.

NIP. 197010181997022001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Daffa Rayhan Deralbi

NIM : 03041381924086

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Universtias Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin*: 13%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul “Pengaruh Diameter *Piezoelectric Disk* Terhadap Intensitas Suara Dalam Menghasilkan Daya Listrik Pada Pabrik Meubel Kayu” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.


Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Palembang, 3 Juli 2023


Daffa Rayhan Deralbi
NIM.03041381924086

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kuantitas skripsi ini mencukupi sebagai mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan : 
Pembimbing Utama : Ike Bayusari, S.T., M.T.
Tanggal : 3/Juli/2023

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Daffa Rayhan Deralbi

NIM : 03041381924086

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PENGARUH DIAMETER PIEZOELEKTRIC DISK TERHADAP INTENSITAS SUARA DALAM MENGHASILKAN DAYA LISTRIK PADA PABRIK MEUBEL KAYU

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Palembang

Pada tanggal: 3 Juli 2023



Daffa Rayhan Deralbi

NIM.03041381924086

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT yang mana telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan pembuatan Tugas Akhir yang berjudul “**Pengaruh Diameter *Piezoelectric Disk* Terhadap Intensitas Suara Dalam Menghasilkan Daya Listrik Pada Pabrik Meubel Kayu**” yang dilaksanakan pada bulan Januari hingga Mei 2023 sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana teknik pada jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

Penulisan skripsi terwujud atas bantuan dan dukungan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih terutama kepada dosen pembimbing tugas akhir yaitu Ibu Ike Bayusari, S.T., M.T., yang telah memberikan banyak arahan dan bimbingan kepada penulis. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Ir. Rudyanto Thayib, M.SC. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan nasihat dari awal kuliah hingga mendapatkan gelar Sarjana Teknik.
4. Ibu Hermawati, S.T., M.T., Ibu Caroline, S.T., M.T., dan Ibu Rahmawati, S.T., M.T., yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun agar penelitian dapat dilakukan dengan lebih baik.
5. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama masa perkuliahan.
6. Mama dan Papa beserta seluruh keluarga tercinta yang telah mendoakan, memberikan semangat, motivasi, dan selalu memberikan dukungan yang tiada henti kepada penulis
7. Cindy Monica yang telah menemani dari awal hingga sekarang, memberikan semangat dan kasih sayang serta siap sedia membantu dalam pembuatan tugas akhir hingga mendapatkan gelar Sarjana Teknik.
8. Teman-teman seperjuangan satu bimbingan Ibu Ike Bayusari, S.T., M.T. dan teman-teman angkatan Teknik Elektro 2019 yang telah berbagi suka dan duka

selama masa kuliah.

9. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir hingga meraih gelar Sarjana Teknik
10. Berterima kasih kepada diri sendiri yang telah mampu berjalan sejauh ini tanpa mengenal lelah, menyerah dan putus asa.

Penulis menyadari adanya kesalahan yang bersumber dari keterbatasan pengetahuan dan kemampuan pribadi dalam pembuatan dan penyelesaian tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis meminta maaf sebesar-besarnya dan mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari seluruh pihak dan pembaca demi memperbaiki tugas akhir ini menjadi lebih baik. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan menjadi referensi serta menambah ilmu bagi para pembaca dan semua pihak terutama bagi mahasiswa jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan masyarakat pada umumnya.

Palembang, 3 Juli 2023



Daffa Rayhan Deralbi

NIM. 03041381924086

ABSTRAK

Pengaruh Diameter Piezoelektrik Disk Terhadap Intensitas Suara Dalam Menghasilkan Daya Listrik Pada Pabrik Meubel Kayu

(Daffa Rayhan Deralbi, 03041381924086, 2023, 32 Halaman)

Energi listrik telah menjadi kebutuhan primer masyarakat untuk dipakai sehari-hari. Dengan hukum kekekalan energi, energi listrik dapat berasal dari energi lain menggunakan perangkat bernama transduser. Transduser merupakan suatu alat yang dapat mengubah gaya, perpindahan mekanis maupun energi lain menjadi energi listrik. *Piezoelectric* adalah bahan yang akan menghasilkan medan listrik ketika terjadi tekanan atau deformasi mekanik pada bahan tersebut. Piezoelektrik dapat mengkonversikan gaya mekanis menjadi energi listrik. Berdasarkan fungsi dari piezoelektrik tersebut, penulis melakukan penelitian dengan mengkonversi gelombang suara menjadi energi listrik dengan piezoelektrik berbahan material keramik PZT (*Publum Zirconate Titanate*) dengan berbagai diameter yaitu 15mm, 20mm, dan 35mm. Dengan menggunakan rangkaian hubung Paralel dan *dioda bridge* sebagai pengubah arus AC ke arus DC serta menggunakan kapasitor sebagai penstabil tegangan yang akan dialirkan ke LED sebagai beban rangkaian. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan intensitas suara sebagai sumber energi piezoelektrik, piezoelektrik dengan sumber suara mendapatkan tegangan terbesar pada diameter 35mm dan intensitas suara sebesar 105 dB yaitu sebesar 42,2 mili Volt dan arus 793,26 mili Ampere, sehingga mendapatkan daya terbesar yaitu 33,47557 mili Watt. Sedangkan sumber energi suara menghasilkan keluaran terkecil pada intensitas suara 80 dB dan diameter piezoelektrik dengan ukuran 15mm yaitu sebesar 2 mili Volt dan 6,242 mili Ampere, sehingga hanya menghasilkan daya sebesar 0,01248 mili Watt. Hal ini terjadi dikarenakan semakin tinggi getaran yang dihasilkan dan semakin luas permukaan diameter dari piezoelektrik maka arus dan tegangan yang dihasilkan akan semakin tinggi. Nilai daya yang keluar berbanding lurus dengan arus dan tegangan yang dihasilkan pada prototipe, semakin besar intensitas sumber suara yang diberikan, maka semakin besar juga daya listrik yang dapat dihasilkan dari piezoelektrik.

Kata Kunci: Piezoelektrik, Energi Suara, Daya Listrik.

ABSTRACT

The Effect of Piezoelectric Disk Diameter on Sound Intensity in Generating Electrical Power in a Wood Furniture Factory

(Daffa Rayhan Deralbi , 03041381924086, 2023, 32 pages)

Electrical energy has become the primary need of society for everyday use. By the law of the conservation of energy, electrical energy can be derived from other energy using a device called a transducer. A transducer is a device that can convert force, mechanical transfer or other energy into electrical energy. Piezoelectric is a material that will generate an electric field when pressure or mechanical deformation occurs in the material. Piezoelectric can convert mechanical force into electrical energy. Based on the function of the piezoelectric, the authors conducted research by converting sound waves into electrical energy with a piezoelectric made from PZT (*Publum Zirconate Titanate*) ceramic material with various diameters, namely 15mm, 20mm and 35mm. By using a parallel circuit and a *diode bridge* as a converter of AC current to DC current and using a capacitor as a voltage stabilizer that will be supplied to the LED as a circuit load. Based on the results of the analysis using sound intensity as a piezoelectric energy source, piezoelectric with a sound source gets the greatest voltage at 35mm in diameter and a sound intensity of 105 dB that is equal to 42.2 milliVolt and current 793,26 milli Ampere, so that the greatest power is 33.47557 milli Watt . Meanwhile, the sound energy source produces the smallest output at a sound intensity of 80 dB and a piezoelectric diameter of 15mm, which is equal to 2 milli Volt and 6.242 milli Ampere, so that it only produces a power of 0.0 1248 milli Watt att. This happens because the higher the vibration generated and the wider the surface area of the diameter of the piezoelectric, the higher the current and voltage generated. The output power value is directly proportional to the current and voltage generated in the prototype, the greater the intensity of a given sound source , the greater the electrical power that can be generated from the piezoelectric.

Keywords: Piezoelectric, Sound Energy, Electrical Power.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Energi Suara	4
2.2 Piezoelektrik.....	5
2.3 Efek Piezoelektrik	6

2.4 Bahan Piezoelektrik	7
2.6 Persamaan Piezoelektrik	9
2.7 Dasar Kelistrikan.....	10
2.7.1 Hukum Kirchoff I.....	10
2.7.2 Hukum Kirchoff II	10
2.8 Hubungan Seri dan Paralel.....	11
2.8.1 Rangkaian Seri	11
2.8.2 Rangkaian Paralel.....	12
2.9 Daya Listrik.....	12
2.9.1 Daya Aktif.....	12
2.9.2 Daya Reaktif.....	13
2.9.3 Daya Semu	13
2.10 Kapasitor	13
2.11 Dioda Bridge	14
BAB III.....	16
METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Lokasi dan Waktu Perencanaan Penelitian	16
3.3 Diagram Alir Penelitian	17
3.4 Alat dan Bahan.....	18
3.5 Rancangan Alat	21
3.6 Rangkaian Pengujian.....	21
3.7 Tahapan Penelitian	22
BAB IV	24
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Umum.....	24
4.2 Perancangan Alat	24
4.3 Data Hasil Pengukuran.....	26
4.4 Hasil Perhitungan Data	27

4.5 Hasil dan Analisis	28
BAB V	31
KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Polarisasi Pada Piezoelektrik [13]	6
Gambar 2.2 Efek Piezoelektrik, (a) sebelum terjadi efek piezoelektrik, (b) dan (c) Efek Piezoelektrik langsung, (d) dan (e) Efek Piezoelektrik Terbalik [16]......	6
Gambar 2.3 Piezoelektrik Material PZT [17]	7
Gambar 2.4 Piezoelektrik Material PVDF [17].....	7
Gambar 2.5 Prinsip Kerja Piezoelektrik [19]	8
Gambar 2.6 Persamaan Piezoelektrik [20]	9
Gambar 2.7 Hukum Kirchoff I [22].....	10
Gambar 2.8 Hukum Kirchoff II [23]	11
Gambar 2.9 Hubungan Seri [23].....	11
Gambar 2.10 Hubungan Paralel [23]	12
Gambar 2.11 Segitiga Daya [25]	13
Gambar 2.12 Kapasitor [27]	14
Gambar 2.13 Dioda [28].....	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 3.2 Desain Prototipe Piezoelektrik Energi Suara.....	21
Gambar 3.3 Rangkaian Pengukuran Tegangan	22
Gambar 3.4 Rangkaian Pengukuran Arus	22
Gambar 4.1 Rancangan Prototipe Penelitian	24
Gambar 4.2 Rangkaian Piezoelektrik	25
Gambar 4.3 Rangkaian Penelitian	26
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Besar Arus Terhadap Energi Suara Pada Masing-Masing Diameter Piezoelektrik.....	28
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Besar Tegangan Terhadap Energi Suara Pada Masing-Masing Diameter Piezoelektrik	29
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Besar Daya Terhadap Energi Suara Pada Masing-Masing Diameter Piezoelektrik.....	30

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Intensitas Suara Berdasarkan Daya dan Jumlah Desibel [6]	5
Tabel 3.1 Tabel Perencanaan Waktu Penelitian.....	16
Tabel 3.2 Alat dan Bahan yang akan Digunakan	18
Tabel 4.1 Tabel Perhitungan dan Pengukuran Piezoelektrik Sumber Energi Suara.....	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Pengambilan Data

Lampiran 1.1 Pengambilan Data Piezoelektrik Dengan Diameter 15mm

Lampiran 1.2 Pengambilan Data Piezoelektrik Dengan Diameter 20mm

Lampiran 1.3 Pengambilan Data Piezoelektrik Dengan Diameter 35mm

Lampiran 2 Perhitungan Daya Piezoelektrik

Lampiran 2.1 Perhitungan Daya Piezoelektrik Dengan Diameter 15mm

Lampiran 2.2 Perhitungan Daya Piezoelektrik Dengan Diameter 20mm

Lampiran 2.3 Perhitungan Daya Piezoelektrik Dengan Diameter 35mm

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi adalah hal terpenting yang menampung kehidupan manusia di bumi. Masyarakat mulai mencari alternatif energi baru terbarukan dengan peristiwa dunia yang menunjukkan bahwa sumber energi fosil bumi semakin berkurang dikarenakan sifatnya yang tidak akan dapat diperbarui. Alternatif dari keterbatasan energi fosil, manusia mengembangkan alat yang bernama (*Harvesting Energy*) atau pemanen energi [1]. Bahan bakar fosil adalah sumber energi paling melimpah yang tersedia di dunia, yang mewakili sumber daya yang tidak dapat didaur ulang. Permintaan energi diperkirakan akan terus meningkat seiring dengan penurunan cadangan minyak dan batubara. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil untuk menghasilkan energi mengakumulasi karbon dioksida di atmosfer, menyebabkan pemanasan global. Tidak hanya itu, pabrik perusahaan juga menghasilkan suara yang sangat mengganggu bagi telinga. Pabrik perusahaan menghasilkan polusi suara yang sangat besar. Sehingga, Suara tersebut dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi untuk menghasilkan daya listrik.

Energi Baru dan Terbarukan (EBT) adalah sumber energi alternatif sebagai pengganti energi fosil [2]. Dengan hukum kekekalan energi, energi listrik dapat berasal dari energi lain dengan menggunakan perangkat bernama transduser. Transduser merupakan suatu alat yang dapat mengubah gaya, perpindahan mekanis maupun energi lain menjadi energi listrik. Energi tersebut dapat berupa bunyi, tekanan. Salah satu komponen transduser yang dapat mengubah suatu energi menjadi energi listrik yaitu komponen piezoelektrik.

Hal ini dikarenakan ketika terjadi tekanan atau deformasi mekanik pada material, maka material piezoelektrik membangkitkan medan listrik. Karena sifatnya, bahan piezoelektrik menjadi sangat penting untuk pembuatan sistem yang mampu memanen energi. Pada umumnya material yang dijual di pasaran yang berbentuk lingkaran (*Piezoelectric Disk*) dengan berbagai diameter [3]. Penulis melakukan penelitian ini untuk mengetahui piezoelektrol mana yang lebih efektif digunakan dan untuk mengetahui perbandingan daya yang dihasilkan untuk masing-masing diameter tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian sebelumnya mengenai tentang konversi tekanan dan getaran dalam menjadi energi listrik yang dilakukan oleh Yohanes Adi Chandra Wijaya, Dermawan Zebua, Demison Papua Kolago, dan Yoga Alif Kurnia Utama dengan diameter *piezoelectric disk* yang berbeda-beda sebesar *12 mm*, *15 mm*, *20 mm*, dan *35 mm* dengan melakukan 2 pengujian yaitu, dengan metode tekanan yang mana menguji *piezoelectric disk* dan memberi pemberat ke *piezoelectric disk*. Lalu metode lain nya adalah metode getaran yang menggunakan alat penggetar [4]. Maka dari itu, penulis akan memvariasikan energi suara sebagai sumber energi listrik dengan rangkaian paralel dengan menggunakan masing-masing dari diameter *piezoelectric disk* yang sedikit berbeda pada jurnal, namun penulis juga menambah jumlah dari *piezoelectric disk* sebanyak 20 buah per masing-masing diameter yaitu 15mm, 20mm dan 35mm.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian tugas akhir ini, yaitu:

1. Merancang alat konversi energi suara menjadi energi listrik menggunakan piezoelektrik material keramik PZT (Publum Zirconat Titanate).
2. Mengukur dan menganalisis arus dan tegangan ketika diberikan variasi diameter dan intensitas suara.
3. Menghitung dan menganalisis daya yang dihasilkan ketika diberikan variasi diameter dan intensitas suara.

1.4 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian untuk tugas akhir perlu dilakukan pembatasan masalah agar tujuan penelitian tercapai dan tidak menyimpang dari pembahasan, yang merupakan batasan dari penelitian ini adalah :

1. Menggunakan 20 piezoelektrik berbahan PZT pada masing-masing diameter.
2. Piezoelektrik dengan diameter 15mm, 20mm, dan 35mm.
3. Menggunakan konfigurasi rangkaian paralel.
4. Tidak menghitung nilai efisiensi, Suhu dari alat.
5. Sumber energi suara berupa suara pabrik meubel kayu dengan variasi intensitas suara sebesar 80dB, 95dB, 100 dB, 105 dB.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan..

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori yang berkaitan dengan energi suara, piezoelektrik, dan teori-teori terkait penelitian lainnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan prosedur, alat dan bahan, metode penelitian, dan metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian proyek tugas akhir ini.

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang pemaparan hasil penelitian yang meliputi pengumpulan data, pengolahan data, dan analisis data.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang diperoleh setelah melakukan penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Gustav Rinaldi, Muhammad Anton Kuncoro, Yesiana Arimurti, “Perbandingan Pengisian Kapasitor Oleh Piezoelektrik Dengan Bateri,” *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya) 2018*, p. 110, 2018.
- [2] Jawoto Sih Setyono, Fadjar Hari Mardiansjah, Mega Febrina Kusumo Astuti, “Potensi Pengembangan Energi Baru Dan Energi Terbarukan DI Kota Semarang,” *Jurnal Riptek*, vol. 13, no. 2, p. 177, 2019.
- [3] D. Kho, ““Pengertian Transducer dan Jenis-jenisnya,”” 2022.
- [4] Yohanes Adi Chandra Wijaya, Dermawan Zebua, Demison Papua Kolago dan Yoga Alif Kurnia Utama, “Pengaruh Luas Permukaan Piezoelectric Disk Terhadap Tekanan Dan Getaran Dalam menghasilkan Energi Listrik,” pp. 54-49, 2019.
- [5] Novreza Syifa Niladibrata, Sudarmono Sasmono, Hesty Susanti, “Pemodelan Konversi Energi Suara Menjadi Energi Listrik Menggunakan Material Piezoelektrik Dengan Matlab Simulink,” *e-Proceeding of Engineering*, vol. 9, no. 2, pp. 131-135, 2022.
- [6] Abdul Jalil Nawawi, Gustama Ma’ruf Imelda, Nafis Saiful 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,” pp. 1-12, 2019.
- [7] Siti Khoirotun Nisa, Atiek Prawira, Khilda Mailatul Haqqi, “Sound Power, Sistem Pemanen Energi Dengan Transducer Piezoelektrik Untuk Perangkat Daya Rendah,” 2014.
- [8] R. Maulana, “Pemanfaatan Sensor Piezoelektrik Sebagai Penghasil Sumber Energi Pada Sepatu,” *Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 2016.
- [9] S. O. Saadon, “A Review of Vibration-Based MEMS Piezoelectric Energy Harvesters,” *Energy Conversion and Management*, vol. 52, no. 1, pp. 500-504.

- [10] Kim, Heung Soo, Joo-Hyong Kim, Jaehwan Kim, “A Review of Piezoelectric Energy Harvesting Based on Vibration,” *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, vol. 12, no. 8, pp. 1129-1141, 2011.
- [11] Minazara, Vasic, Costa, Poulin, “Piezoelectric Diaphragm for Vibration Energy Harvesting,” *Ultrasonics*, vol. 22, pp. 609-703, 2006.
- [12] Anonim, “Penggunaan Piezo Elektrik Pada Lantai,” *Universitas Muhamadiyah Yogyakarta*, 2016.
- [13] G. Gautschi, “Piezoelectric Sensorics: Force, Strain, Pressure, Acceleration and Acoustic Emission Sensors, Materials and Amplifiers, Berlin”.
- [14] M. H. M. R. d. K. S. Leong., “Investigation of The Piezoelectric Charge Coefficient d_{33} of Thick-Film Piezoelectric Ceramics By Varying Poling and Repoling Conditions,” *dalam INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS, ENGINEERING AND INDUSTRIAL APPLICATIONS 2014*, 2015.
- [15] S. R. M. d. A. J. Fleming, “Piezoelectric Transducers for Vibration Control and Damping”.
- [16] V. R. G. d. P. S. G. Kolgiri, “Design and Development of PZT Material as Energy Harvester Which Converts Vibration Energy into Electrical Energy,” *International Education & Research Journal*, vol. 2, no. 1, p. 1, 2016.
- [17] I. Yelfianhar, “Piezoelektrik,” pp. 1-23, 2010.
- [18] A. M. a. M. K. Haprido, “Pengaruh Penambahan PVDF (Polyvinylidene Flouride) pada Hasil Pemolangan Bahan Piezoelektrik $PbZr(0,52)Ti(0,48)O_3$ (PZT) yang Dilengkapi Alat Pemutus Poling,” *J. Fis. Unand*, vol. 4, no. 1, pp. 31-35, 2015.
- [19] R. A. Kusuma, “Piezoelektrik Dan Prinsip Kerja Piezoelektrik,” 2018.
- [20] S. S. C. E. Imamul Khair, “ANALISA TEGANGAN DAN ARUS PADA SISTEM KONVERSI ENERGI SUARA MENJADI LISTRIK MENGGUNAKAN KOMPONEN PIEZOELEKTRIK,” *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 5, pp. 4250-4258, 2021.

- [21] M. S. ., S. Wira Hidayatullah, “PERANCANGAN PROTOTYPE PENGHASIL ENERGI LISTRIK BERBAHAN DASAR PIEZOELECTRIK,” *KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro*, vol. 1, no. 3, pp. 63-67, 2016.
- [22] M. C. S. M. Kurriawan Budi Pranata, Buku Ajar Mata Kuliah Elektronika Dasar 1, Malang: UNIVERSITAS KANJURUHAN MALANG, 2018.
- [23] M. Ramdhani, Rangkaian Listrik, Bandung, 2005.
- [24] I. S. M. ., A. S. S. M. ., Nanang Setiaji, “ANALISIS KONSUMSI DAYA DAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK,” p. 1, 2021.
- [25] E. B. W. Galih Ardiansyah, “PEMANFAATAN DAYA LISTRIK BAGI PELANGGAN TEGANGAN MENENGAH,” vol. 12, no. 1, pp. 4-5, 2022.
- [26] L. A. M. Tony Prasetyor, “EFEKTIFITAS PEMASANGAN KAPASITOR SEBAGAI METODE ALTERNATIF PENGHEMAT ENERGI LISTRIK,” *Media Elekrika*, vol. 3, no. 2, p. 3, 2010.
- [27] Yugi, “Kapasitor,” *Cerdika*.
- [28] S. Bambang Tri Wahyu Utomo, “PERANCANGAN PENGENDALI MODEL TANGAN ROBOT MENGGUNAKAN VOLUME SUARA MANUSIA,” *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Informasi ASIA*, vol. 1, no. 1, p. 32, 2006.