



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**IMPLEMENTASI PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA HUMAN FOOT STEP SEBAGAI ENERGI
ALTERNATIF BERBASIS IOT**

TUGAS AKHIR

MUHAMMAD FACHRIL ALFARIZY WINARTO

2203311075

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2025



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**IMPLEMENTASI PROTOTYPE PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA HUMAN FOOT STEP SEBAGAI
ENERGI ALTERNATIF BERBASIS IOT**

TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Tiga

MUHAMMAD FACHRIL ALFARIZY WINARTO

2203311075

PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2025



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : MUHAMMAD FACHRIL ALFARIZY WINARTO

NIM : 2203311075

Tanda Tangan :

Tanggal : 19 Juni 2025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh:

Nama : Muhammad Fachril Alfarizy Winarto
NIM : 2203311075
Program Studi : D3 Teknik Listrik
Judul Tugas Akhir : Pengembangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Human Foot Step Sebagai Energi Alternatif Berbasis IOT

Telah diuji oleh tim penguji dalam sidang Tugas Akhir pada Kamis, 26 Juni 2025 dan dinyatakan LULUS.

Pembimbing I : Ajeng Bening K., S.S.T., M.Tr.T
NIP. 199405202020122017

Pembimbing II : Nagib Muhammad, S.T., M.T.
NIP. 199406052022031007

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 9 Juli 2025

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Murie Dwiyanti, S.T., M.T.
NIP. 197803312003122002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Diploma Politeknik.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir/skripsi/tesis* ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir/skripsi/tesis* ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Nagib Muhammad , S.T., M., dan Ajeng Bening Kusmaningtyas, S.S.T, M.Tr.T. Selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, pikiran, dan tenaga untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini;
2. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; serta
3. Rekan kelompok dan teman-teman yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini;

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 19 Juli 2025



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(Muhammad Fachril Alfarizy Winarto)

ABSTRAK

Kebutuhan akan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan konsumsi energi listrik. Salah satu potensi energi yang belum banyak dimanfaatkan adalah energi mekanik dari langkah kaki manusia. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sistem pembangkit listrik tenaga langkah kaki berbasis piezoelektrik dengan pemantauan berbasis IoT. Prototipe dirancang menggunakan 60 unit sensor piezoelektrik dalam konfigurasi 10 seri dan 6 paralel pada permukaan berukuran 60 cm × 40 cm. Pengujian dilakukan terhadap variasi berat pengguna (56 kg hingga 100 kg) dan posisi injakan (kiri, tengah, kanan). Hasil pengujian menunjukkan bahwa posisi injakan berpengaruh terhadap tegangan keluaran, dengan tegangan tertinggi sebesar 1,32 V pada sisi kiri dan terendah 0,47 V pada sisi kanan. Galat rata-rata antara tegangan teoretis dan aktual mencapai 46,41%, disebabkan oleh ketidaksempurnaan distribusi tekanan dan variasi kondisi mekanik. Meskipun hasil tidak selalu ideal, sistem telah terbukti mampu menghasilkan energi dari tekanan langkah kaki, memberikan landasan untuk pengembangan lebih lanjut dalam sistem pemanenan energi skala kecil.

Kata Kunci:, Distribusi Tekanan, Konfigurasi Seri-Paralel, Langkah Kaki, Piezoelektrik, , Tegangan Output, Titik Injakan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRACT

The demand for environmentally friendly alternative energy sources continues to grow alongside increasing population and electricity consumption. One underutilized source of energy is the mechanical energy generated by human footsteps. This study aims to design and implement a piezoelectric-based footstep power generation system with IoT-based monitoring. The prototype consists of 60 piezoelectric sensors arranged in a 10-series and 6-parallel configuration on a 60 cm × 40 cm surface. Testing was conducted under varying user weights (from 56 kg to 100 kg) and footstep positions (left, center, right). Results indicate that the position of the footstep significantly affects the output voltage, with the highest recorded voltage being 1.32 V on the left side and the lowest 0.47 V on the right. The average error between theoretical and measured voltage is 46.41%, primarily due to uneven pressure distribution and mechanical variations. Although the outcomes are not entirely ideal, the system successfully demonstrates the potential to harvest energy from human footsteps, offering a basis for further development in small-scale energy harvesting applications.

Keywords:; Footstep, Footstep Position, Output Voltage, Piezoelectric, Pressure Distribution, Series-Parallel Configuration

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR	iii
Abstract Indonesia	iv
<i>Abstract English</i>	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Luaran	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Sejarah Dan Perkembangan <i>Human Footstep</i>	4
2.2 Tinjauan Literatur	4
2.3 Komponen Utama.....	5
2.3.1 Sensor Piezoelektrik	5
2.3.2 Dioda Bridge.....	6
2.3.3 Dioda Penyearah.....	6
2.3.4 Kapasitor.....	7
2.3.5 Batterai.....	7
2.3.6 Battery Management System.....	8
2.3.7 HCSR-04.....	9
2.3.8 INA219	9
2.3.9 LCD (Liquid Crystal Display)	10
2.3.10 ESP 32	11
2.3.11 Lampu DC	11
2.4 Penurunan Tegangan Pada Proses Penyearahan	12
BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI	14
3.1 Rancangan Alat	14



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.1.1	Deskripsi Alat	14
3.1.2	Cara Kerja Alat	17
3.1.2	Spesifikasi Alat	18
3.1.4	Diagram Blok.....	20
3.2	Realisasi Alat	22
3.2.1	Skematik Rangkain Alat	Error! Bookmark not defined.
3.2.2	Desain Pijakan Kaki	24
BAB IV PEMBAHASAN.....		27
4.1	Pengujian Wiring Sistem Kelistrikan Panel Tanpa Tegangan.....	27
4.1.1	Prosedur pengujian	27
4.1.2	Deskripsi Kerja	27
4.1.3	Data Hasil Pengujian	28
4.1.4	Analisis Hasil Pengujian	28
4.2	Optimasi Jumlah Piezoelektrik dan Dimensi Permukaan Sensor.....	29
4.3	Analisis Tegangan Output Berdasarkan Karakteristik Piezoelektrik	30
4.4	Pengaruh Titik Injakan Terhadap Tegangan Keluaran Piezoelektrik.....	32
BAB V KESIMPULAN.....		34
5.1	Simpulan.....	34
5.2	Saran	34
<u>Daftar Pustaka</u>		35

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Piezoelektrik.....	5
Gambar 2. 2 Dioda Bridge D25XB.....	6
Gambar 2. 3 Dioda Penyearah	6
Gambar 2. 4 Kapasitor	7
Gambar 2. 5 Battery Management System	8
Gambar 2. 6 HCSR-04	9
Gambar 2. 7 INA219.....	9
Gambar 2. 8 LCD 2x16.....	10
Gambar 2. 9 ESP 32.....	11
Gambar 2. 3 Lampu DC 15 Watt.....	11
Gambar 3.1 Desain 3D PLT Human Foot Step	15
Gambar 3.2 Tampak Panel.....	15
Gambar 3.3 Perancangan Box Panel.....	15
Gambar 3.4 Alur Kerja Diagram Blok.....	21
Gambar 3.5 Wiring Diagram	23
Gambar 3.6 Prototipe Human Foot step	24
Gambar 3.7 Prototipe Human Foot step Terbaru	25
Gambar 4.1 Rangkaian Piezoelektrik Konfigurasi 6 Seri dan 10 Paralel	27



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Gambar 3. 1 Spesifikasi Pijakan Alas Kaki	18
Gambar 3. 2 Spesifikasi Box Panel.....	19
Gambar 3. 3 Spesifikasi Kebutuhan Monitoring dan Pendukung.....	19
Gambar 4. 2 Hasil Kontinuitas.....	26
Gambar 4. 2 Tegangan output berdasarkan karakteristik material piezoelektrik ..	29
Gambar 4. 3 Pengujian Tekanan Pada Tiap Sisi.....	31





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis energi global dan meningkatnya konsumsi energi dari sumber tak terbarukan telah mendorong berbagai inovasi dalam pemanfaatan energi alternatif yang ramah lingkungan. Salah satu potensi energi terbarukan yang masih belum banyak dimanfaatkan adalah energi mekanik dari aktivitas manusia, seperti tekanan kaki saat berjalan. Energi tersebut dapat dikonversikan menjadi energi listrik menggunakan material piezoelektrik, yang bekerja berdasarkan prinsip menghasilkan tegangan saat dikenai tekanan atau deformasi mekanik (Priya & Inman, 2009).

Teknologi pembangkit listrik tenaga footstep memiliki potensi besar untuk diterapkan di lokasi-lokasi dengan mobilitas tinggi seperti stasiun, terminal, sekolah, dan pusat perbelanjaan. Dengan memanfaatkan sensor piezoelektrik yang dipasang di bawah permukaan alas injak, tekanan kaki pengguna akan menghasilkan listrik yang dapat disimpan dan dimanfaatkan, misalnya untuk menyalakan lampu atau mengisi baterai (Elfrink et al., 2009). Untuk meningkatkan kemudahan pemantauan, sistem ini dapat dikombinasikan dengan teknologi Internet of Things (IoT), yang memungkinkan pengguna untuk memantau data tegangan, arus, dan daya secara real-time melalui perangkat pintar (Kumar & Mallick, 2018).

Fokus dari penelitian ini adalah pada pengembangan prototipe sistem pembangkit listrik tenaga langkah kaki yang berbasis sensor piezoelektrik dengan integrasi sistem monitoring berbasis IoT. Penelitian difokuskan pada optimalisasi konfigurasi sensor (jumlah dan susunan), efisiensi distribusi tekanan, serta pengaruh titik injakan terhadap besarnya tegangan keluaran. Dengan menguji secara langsung keluaran sistem dalam kondisi riil, penelitian ini memberikan kontribusi praktis dalam mendesain sistem pemanenan energi skala kecil yang aplikatif.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem konversi energi dari tekanan langkah kaki menjadi energi listrik menggunakan sensor piezoelektrik?
2. Bagaimana merancang sistem penyimpanan dan monitoring berbasis IoT ?

1.3 Tujuan

1. Merancang dan merealisasikan prototipe alas kaki berbasis piezoelektrik yang dapat menghasilkan energi listrik dari tekanan injakan
2. Menganalisis tegangan keluaran pada kondisi tekanan merata dan tekanan terlokalisasi untuk mengevaluasi efisiensi distribusi tekanan terhadap kinerja sistem.

1.4 Luaran

1. Prototipe pembangkit listrik tenaga footstep berbasis IoT.
2. Laporan tugas akhir yang mendokumentasikan perencanaan, realisasi, dan pengujian alat.
3. Sistem monitoring berbasis IoT untuk menampilkan data tegangan, arus, dan daya secara real-time.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian prototype sistem pembangkit listrik tenaga langkah kaki berbasis piezoelektrik, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Telah berhasil dirancang dan direalisasikan sebuah sistem pembangkit listrik tenaga langkah kaki menggunakan 60 unit piezoelektrik yang disusun dalam konfigurasi 10 buah secara seri dan 6 jalur secara paralel pada permukaan seluas 60 cm x 40 cm. Pemilihan jumlah dan dimensi tersebut disesuaikan untuk memperoleh keluaran tegangan dan arus yang seimbang, serta merata terhadap area pijakan.
2. Pengujian berdasarkan titik injakan (kiri, tengah, kanan) menunjukkan bahwa posisi injakan secara signifikan memengaruhi besarnya tegangan keluaran. Tegangan tertinggi tercatat sebesar 1,32 V pada posisi kiri dengan beban 100 kg, sedangkan posisi kanan hanya menghasilkan tegangan maksimum sebesar 0,47 V pada beban yang sama. Perbedaan ini diduga disebabkan oleh posisi jalur output yang berada di sisi kiri, sehingga hambatan konduksi lebih rendah dibanding sisi lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa distribusi tekanan serta penempatan kabel output berperan penting terhadap efisiensi konversi energi dalam sistem

5.2 Saran

Untuk meningkatkan kinerja sistem, konstruksi permukaan alas sebaiknya dibuat lebih kaku dan rata agar tekanan dari langkah kaki dapat tersalurkan secara merata ke seluruh piezoelektrik. Selain itu, konfigurasi susunan piezoelektrik dapat dievaluasi ulang untuk menemukan pola yang lebih efisien. Pengembangan alat ini ke media yang lebih aplikatif, seperti lantai pejalan kaki atau trotoar, juga berpotensi meningkatkan hasil tegangan dan pemanfaatannya sebagai sumber energi alternatif.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Priya, S., & Inman, D. J. (2009). *Energy Harvesting Technologies*. Springer.
- Elfrink, R., Matova, S., Hohlfeld, D., & van Andel, Y. (2009). *Feasibility of Vibration Energy Harvesting for Wireless Sensor Networks*. *Smart Materials and Structures*, 18(12), 125005.
- Kumar, R., & Mallick, P. S. (2018). *Internet of Things: A Review on Technologies, Architecture, Challenges, Applications and Future Scope*. *International Journal of Computer Applications*, 179(46), 10–17.
- Diniardi, E. A. (2018). *Analisis Daya Piezoelektrik Model Hybrid Solar Cell – Piezoelektrik Skala Rendah*. *Jurnal Energi Terbarukan dan Lingkungan*.
- H.D. (2022). *Analisis Tegangan Piezoelektrik Berdasarkan Beban Pijakan Kaki*. *Jurnal Teknologi Energi*.
- Wijanto, H., Harsono, S., Renandy, S., Septian, D., & Sutanto, A. (2018). *Pemanfaatan Sensor Piezoelektrik untuk Energi Alternatif pada Sistem Monitoring Langkah Kaki*. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*.
- Wahyudi, A., Setiadi, D., Sumbodo, P. H., & Budiman, H. (2023). *Desain Sistem Battery Management System (BMS) untuk Pengisian Energi Terbarukan*. *Jurnal Teknologi Terapan*.
- Arifin, A. R., Pratiwi, D., & Janrafsasih, S. (2022). *Pemanfaatan Sensor Ultrasonik HC-SR04 dalam Sistem Monitoring Otomatis*. *Jurnal Inovasi Teknologi Elektronika*, 10(2), 56–63.
- Kaleka, D. (2023). *Pengertian dan Penjelasan Tentang Dioda Penyearah*. Diakses dari: <https://www.edukasielektronika.com>
- Fauzi Bahar. (2023). *Cara Kerja LCD 2x16 pada Sistem Elektronika*. Diakses dari: <https://images.app.goo.gl/UKdFo4KDMGiZtyFJ6>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN



Muhammad Fachril Alfarizy Winarto Lulus dari SD Al-Ghazaly tahun 2016, MTSN Kota Bogor 2019, dan SMK Penerbangan Angkasa Bogor pada tahun 2022. Penulis Lulus sebagai mahasiswa program studi Diploma Tiga Teknik Listrik di Politeknik Negeri Jakarta tahun 2025.



LAMPIRAN



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



LITEKNIK
GERI
KARTA