



UNIVERSITAS NASIONAL

**PEMBUATAN PROTOTIPE PEMANEN ENERGI LISTRIK
MENGUNAKAN SENSOR PIEZOELEKTRIK UNTUK
PENERANGAN JALAN UMUM (PJU)**

SKRIPSI

**KEVIN DEWANTO HERLAMBAANG
227005446012**

**FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK FISIKA
JAKARTA
FEBRUARI 2025**



UNIVERSITAS NASIONAL

**PEMBUATAN PROTOTIPE PEMANEN ENERGI LISTRIK
MENGUNAKAN SENSOR PIEZOELEKTRIK UNTUK
PENERANGAN JALAN UMUM (PJU)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu

**KEVIN DEWANTO HERLAMBAH
227005446012**

**FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK FISIKA
JAKARTA
FEBRUARI 2025**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Kevin Dewanto Herlambang

NPM : 227005446012

Tanda Tangan : 

Tanggal : 15 Februari 2025



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Kevin Dewanto Herlambang
NPM : 227005446012
Program Studi : Teknik Fisika
Judul Skripsi : Pembuatan Prototipe Pemanen Energi Listrik
Menggunakan Sensor Piezoelektrik untuk
Penerangan Jalan Umum (PJU)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Satu pada Program Studi Teknik Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional

Dewan Penguji

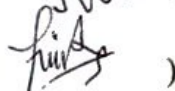
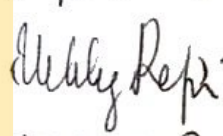
Pembimbing 1 : Ir. Ajat Sudrajat, M.T., Ph.D.

Pembimbing 2 : Fitri Rahmah, S.T., M.T.

Penguji 1 : Dr. V. Vekky R. Repi, S.T., M.T.

Penguji 2 : Prof. Sunartoto Gunadi, M. Eng.

Penguji 3 : Erna Kusuma Wati, S. Pd.Si., M.Sc.

()
()
()
()
()



Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Fisika

(Erna Kusuma Wati, S.Pd.Si., M.Sc.)

NID. 0108019011

Ditetapkan di : Jakarta
Tanggal : 15 Februari 2025

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pembuatan Prototipe Pemanen Energi Listrik Menggunakan Sensor Piezoelektrik untuk Penerangan Jalan Umum (PJU)”** dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis telah mendapatkan banyak masukan, bimbingan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis bermaksud untuk menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. El Amry, M.A. selaku Rektor Universitas Nasional;
2. Bapak Ir. Ruliyanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional;
3. Ibu Erna Kusuma Wati, S.Pd.Si., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Fisika Universitas Nasional;
4. Bapak Ir. Ajat Sudrajat, M.T., Ph.D., selaku pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, saran, dan dukungan selama proses penyusunan skripsi;
5. Ibu Fitri Rahmah, S.T., M.T., selaku pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, saran, dan dukungan selama proses penyusunan skripsi;
6. Istri dan keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan semangat yang tak ternilai harganya.

Semoga Tuhan Yang Maha Pengasih memberikan rahmat serta berkat melimpah untuk segala bantuan yang telah diberikan. Penulis menyadari masih banyak kekurangan terhadap laporan tugas akhir ini oleh karena itu mohon untuk umpan balik, saran serta kritik membangun dari semuanya. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak orang.

Jakarta, 15 Februari 2025

Kevin D. Herlambang

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DAN ARTIKEL/KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Nasional, saya bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kevin Dewanto Herlambang
NPM : 227005446012
Program Studi : Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknik dan Sains

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nasional Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“PEMBUATAN PROTOTYPE PEMANEN ENERGI LISTRIK MENGUNAKAN SENSOR PIEZOELEKTRIK UNTUK PENERANGAN JALAN UMUM (PJU)”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Nasional berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data, merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya dalam bentuk artikel/karya ilmiah selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Jakarta
Pada tanggal: 15 Februari 2025



(Kevin Dewanto Herlambang)

ABSTRAK

Nama : Kevin Dewanto Herlambang
Program Studi : Teknik Fisika
Judul Skripsi : Pembuatan Prototipe Pemanen Energi Listrik Piezoelektrik Menggunakan Sensor untuk Penerangan Jalan Umum (PJU)

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan elemen penting dalam infrastruktur jalan yang berfungsi untuk memastikan keselamatan dan kenyamanan penggunaannya. Namun, permasalahan yang dihadapi dalam operasional PJU adalah ketergantungan pada sumber energi konvensional sehingga diperlukan inovasi yang mampu menghadirkan solusi energi alternatif yang lebih efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat prototipe pemanen energi listrik berupa *speed bump* berbasis piezoelektrik, menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja prototipe pemanen energi berupa *speed bump* berbasis piezoelektrik, dan menghitung energi listrik yang dihasilkan oleh prototipe beserta jumlah perlintasan yang dibutuhkan untuk menyalakan PJU selama 2×12 jam. Pengujian prototipe dilakukan melalui simulasi beban dengan berbagai skenario untuk mengetahui daya listrik yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe ini mampu menghasilkan energi listrik dengan rentang daya antara $0,11 \times 10^{-4}$ hingga $6,6 \times 10^{-4}$ Watt. Dengan keluaran tersebut, waktu yang dibutuhkan satu *speed bump* untuk menyalakan satu PJU selama 2×12 jam berdasarkan hasil pengujian adalah dibutuhkan 9,8 jam untuk daya 40 Watt; 14,7 jam untuk daya 60 Watt; dan 19,5 jam untuk daya 80 Watt. Penelitian ini juga mengidentifikasi bahwa kinerja prototipe dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu jenis dan kualitas material piezoelektrik, desain dan struktur *speed bump*, serta intensitas dan frekuensi tekanan beban. Harapannya, prototipe pemanen energi listrik berbasis piezoelektrik ini memiliki potensi besar untuk menjadi solusi energi terbarukan dalam mendukung kebutuhan PJU yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Kata kunci: piezoelektrik, pemanen energi, penerangan jalan umum, energi terbarukan, efisiensi energi.

ABSTRACT

Name : Kevin Dewanto Herlambang
Study Program : Teknik Fisika
Title : Prototype of an Electric Energy Harvester Using
Piezoelectric Sensor for Public Street Lighting

Public Street Lighting (PSL) is an essential element of road infrastructure that ensures the safety and comfort of its users. However, the challenge faced in PSL operations is the dependence on conventional energy sources, requiring innovations that can provide alternative energy solutions that are more efficient, sustainable, and environmentally friendly. This study aims to design and develop a piezoelectric-based speed bump energy harvester prototype, analyze the factors influencing the performance of the piezoelectric-based speed bump energy harvester, and calculate the electrical energy generated by the prototype along with the number of vehicle passes required to power one lamp for 24 hours. The prototype testing was conducted through load simulations under various scenarios to determine the electrical energy output generated. The test results showed that the prototype could produce electrical energy with a power range of $0,11 \times 10^{-4}$ to $6,6 \times 10^{-4}$ Watts. Based on these outputs, the time required for a single speed bump to power a PSL for 2×12 hours was 9.8 hours for a 40-Watt load, 14.7 hours for a 60-Watt load, and 19.5 hours for an 80-Watt load. This study also identified that the performance of the prototype is influenced by several factors, including the type and quality of piezoelectric materials, the design and structure of the speed bump, as well as the intensity and frequency of the applied load pressure. It is hoped that this piezoelectric-based energy harvester prototype has great potential to become a renewable energy solution in supporting more efficient and environmentally friendly PSL needs.

Keywords: piezoelectric, energy harvesting, public street lighting, renewable energy, energy efficiency

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kajian Literatur	4
2.1.1 Penelitian Terdahulu.....	4
2.1.2 Penerangan Jalan Umum (PJU)	6
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Piezoelektrik	9
2.2.2 Rangkaian Pembangkit Piezoelektrik	13
2.2.3 Pelapisan Keping Piezoelektrik.....	15
2.2.4 Kapasitor Eksternal	15
BAB 3 METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan.....	18
3.3 Tahapan Penelitian	18
3.3.1 Studi Literatur	18
3.3.2 Desain Prototipe	20
3.3.3 Pembuatan Prototipe	23
3.4 Pengujian Alat	25
3.4.1 Pengujian Ketahanan Sensor.....	25
3.4.2 Pengujian Daya Listrik yang Dihasilkan Prototipe Menggunakan Beban Statis.....	25
3.4.3 Pengujian Daya Listrik yang Dihasilkan Prototipe Menggunakan Beban Dinamis	26
3.4.4 Perhitungan Daya Listrik Teoretis.....	27
3.4.5 Perhitungan Konversi Tegangan Keluaran V_{AC} Menjadi V_{DC}	27
3.4.6 Pengujian Eksentrisitas	28
3.4.7 Perhitungan Jumlah Perlintasan untuk Memenuhi Kebutuhan Daya Berdasarkan Spesifikasi Teknis yang Diatur.....	29
3.5 Analisis Kendala	30

BAB 4	ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1	Pengujian Ketahanan Sensor.....	31
4.2	Hasil Pengujian Daya Listrik yang Dihasilkan Prototipe Menggunakan Beban Statis.....	31
4.3	Hasil Pengujian Daya Listrik yang Dihasilkan Prototipe Menggunakan Beban Dinamis	35
4.4	Hasil Perhitungan Energi Listrik Teoretis	37
4.5	Hasil Perhitungan Konversi Tegangan Keluaran V_{AC} menjadi V_{DC}	39
4.6	Hasil Pengujian Eksentrisitas.....	41
4.7	Hasil Perhitungan Waktu untuk Memenuhi Kebutuhan Daya Berdasarkan Spesifikasi Teknis.....	42
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran.....	45
DAFTAR REFERENSI.....		46
LAMPIRAN.....		49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Piezoelektrik untuk Pemanenan Energi.....	6
Gambar 2.2 Ilustrasi <i>Speed Bump</i> Berbasis Piezoelektrik	6
Gambar 2.3 Efek Piezoelektrik Langsung dan Terbalik	10
Gambar 2.4 Piezoelektrik <i>Disk</i>	10
Gambar 2.5. Perubahan Distribusi Muatan Bahan Piezoelektrik.....	10
Gambar 2.6 Bentuk Fisik Piezoelektrik Tipe PZT	12
Gambar 2.7 Rangkaian Pembangkit Piezoelektrik.....	13
Gambar 2.8 Rangkaian Piezoelektrik 10 parallel.....	15
Gambar 2.9 Rangkaian Piezoelektrik 10 Parallel 2 Seri	15
Gambar 2.10 Pelapisan Keping Piezoelektrik dengan Resin	15
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	17
Gambar 3.2 Rangkaian Piezoelektrik pada Prototipe	20
Gambar 3.3 Desain Mekanis Prototipe	20
Gambar 3.4 Sistem Elektronik Prototipe	21
Gambar 3.5 Detail Rangkaian Prototipe	22
Gambar 3.6 Pembuatan Rangkaian Piezoelektrik pada Prototipe.....	23
Gambar 3.7 Hasil Akhir Prototipe.....	24
Gambar 3.8 <i>Display</i> Prototipe.....	24
Gambar 3.9 Diagram Alir Sistem Kerja Alat	24
Gambar 3.10 Proses Pengujian Ketahanan Sensor	25
Gambar 3.11 Proses Pengujian Menggunakan Beban Statis.....	26
Gambar 3.12 Proses Pengujian Menggunakan Beban Dinamis	26
Gambar 3.13 Posisi Muatan pada Pengujian Eksentrisitas	28
Gambar 3.14 Pengujian dengan Posisi Muatan 1-2	28
Gambar 3.15 Pengujian dengan Posisi Muatan 2-3	29
Gambar 3.16 Pengujian dengan Posisi Muatan 3-4	29
Gambar 3.17 Pengujian dengan Posisi Muatan 1-4	29
Gambar 3.18 Pengujian dengan Posisi Muatan 1-2-3-4.....	29
Gambar 4.1 Grafik Hasil Tegangan Keluaran Rata-Rata pada Masing-Masing Beban.....	32
Gambar 4.2 Grafik Hasil Arus Listrik Rata-Rata pada Masing-Masing Beban...	33
Gambar 4.3 Grafik Energi Listrik yang Dihasilkan (Aktual).....	34
Gambar 4.4 Grafik Hasil Tegangan Keluaran Rata-Rata Menggunakan Beban Dinamis	36
Gambar 4.5 Grafik Energi Listrik yang Dihasilkan Menggunakan Beban Dinamis	37
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Nilai Pengukuran Tegangan (Aktual) dan Perhitungan Tegangan (Teoretis).....	38
Gambar 4.7 Perbandingan Nilai Daya Teoretis dan Nilai Daya Aktual.....	39
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Nilai Aktual dan Teoretis Tegangan Keluaran V_{DC}	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Teknis Utama Alat Penerangan Jalan	7
Tabel 2.2 Spesifikasi Teknis Sumber Arus Listrik Suplai Mandiri	8
Tabel 2.3 Spesifikasi Umum Lampu/Luminer	9
Tabel 2.4 Satu Buah Sensor Piezoelektrik tegangan AC	14
Tabel 2.5 Hasil Pengujian Jenis-Jenis Rangkaian Piezoelektrik	14
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Eksentrisitas	41
Tabel 4.2 Tabel Jumlah Perlintasan yang Dibutuhkan	42
Tabel 4.3 Pengamatan Langsung Jumlah Kendaraan Rata-Rata	43
Tabel 4.4 Waktu yang Dibutuhkan Satu <i>Speed Bump</i> untuk Memenuhi Daya	44



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Datasheet</i> Piezoelektrik PZT	49
Lampiran 2 Tabel Variasi Tegangan Keluaran Piezoelektrik	50
Lampiran 3 Tabel Hasil Tegangan Keluaran pada Masing-Masing Beban Statis ..	50
Lampiran 4 Tabel Hasil Keluaran Arus Listrik pada Masing-Masing Beban Statis	51
Lampiran 5 Tabel Hasil Energi Listrik yang Dihasilkan (Aktual) Beban Statis ...	51
Lampiran 6 Tabel Hasil Tegangan Keluaran pada Masing-Masing Beban Dinamis	52
Lampiran 7 Tabel Hasil Perbandingan Tegangan Keluaran Rata-Rata dengan Menggunakan Beban Statis dan Beban Dinamis	52
Lampiran 8 Tabel Hasil Energi Listrik yang Dihasilkan Menggunakan Beban Dinamis	53
Lampiran 9 Tabel Perbandingan Nilai Tegangan Aktual dan Teoretis	53
Lampiran 10 Tabel Hasil Perhitungan Energi yang Dihasilkan (Teoretis)	53
Lampiran 11 Tabel Perhitungan Tegangan V_{AC} menjadi V_{DC}	54
Lampiran 12 Tabel Perbandingan Nilai Aktual dan Teoretis Tegangan Keluaran V_{DC}	54

