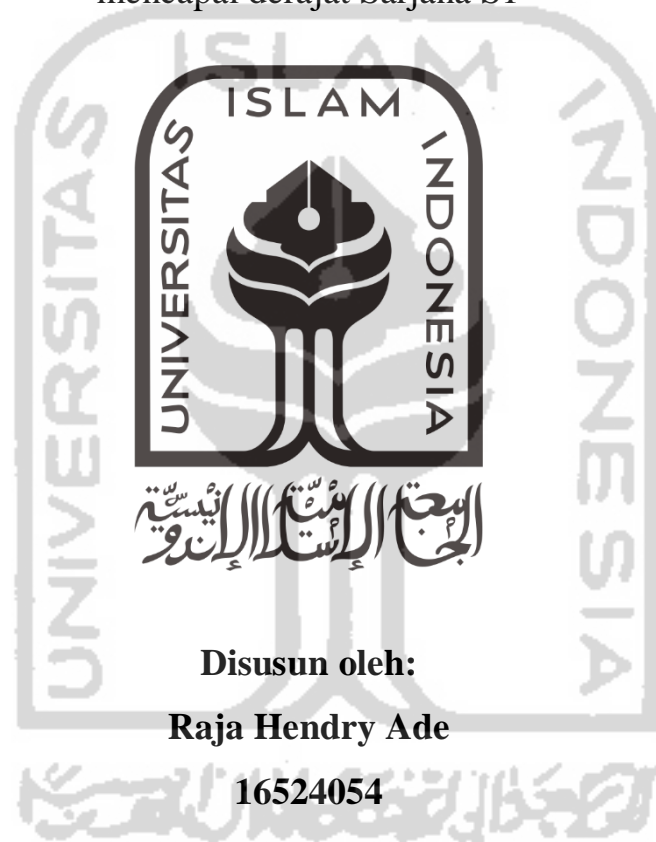


**PROTOTIPE PEMANFAATAN PIEZOELEKTRIK PADA
PIJAKAN KAKI MANUSIA SEBAGAI SUMBER ENERGI
LISTRIK ALTERNATIF**

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun oleh:

Raja Hendry Ade

16524054

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**

2020

LEMBAR PENGESAHAN

PROTOTIPE PEMANFAATAN PIEZOELEKTRIK PADA PIJAKAN KAKI MANUSIA SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK ALTERNATIF

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

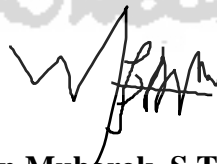
Disusun oleh:

Raja Hendry Ade
16524054

Yogyakarta, 18 Agustus 2020

Menyetujui,

Pembimbing 1



Husein Mubarak, S.T., M.Eng.
155241305

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

PROTOTIPE PEMANFAATAN PIEZOELEKTRIK PADA PIJAKAN KAKI MANUSIA SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK ALTERNATIF

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Raja Hendry Ade

16524054

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

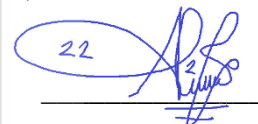
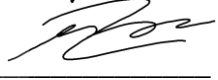
Pada tanggal: 19 Agustus 2020

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Husein Mubarak, S.T., M.Eng.,

Anggota Penguji 1: Sisdarmanto Adinandra, S.T., M.Sc., Ph.D.,

Anggota Penguji 2: Almira Budiyanto, S.Si., M.Eng.,



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 14 September 2020

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Sc., Ph.D

NIK.045240101

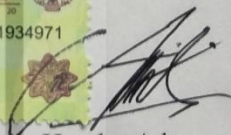
PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 17 Agustus 2020




Raja Hendry Ade

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'alaikum Wr. Wb

Pertama-tama saya panjatkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah Nya kita masih diberi umur panjang dan nikmat sehat. Tak lupa sholawat beriring salam di haturkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW, karena berkat beliau kita bisa berada didunia yang penuh akan ilmu pengetahuan ini.

Atas petunjuk dan ridho-Nya juga lah Skripsi yang berjudul "Prototipe Pemanfaatan Piezoelektrik Pada Pijakan Kaki Manusia Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif" ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Skripsi ini merupakan hal yang wajib ditempuh oleh mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang studi Strata 1.

Kelancaran dalam mempersiapkan dan menyelesaikan Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis haturkan kepada:

1. Kepada Keluarga tercinta Almarhum Apak saya Alm. Raja Aziz dan Ibunda Tisnawati atas Doa, kasih sayang, dan dukungan baik moril maupun materil selama ini, saya ucapkan beribu terimakasih.
2. Bapak Husein Mubarak, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberi bantuan dan masukan sampai terselesaikan laporan Skripsi ini.
3. Bapak Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia.
4. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro, terima kasih atas ilmu dan bimbingan selama saya menempuh kuliah di Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
5. Seluruh staff Jurusan Teknik Elektro yang sudah membimbing dan memberikan bantuan selama menempuh kuliah di Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
6. Saudara-saudara Pohon Mangga Squad Elektro 2016, yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu, yang selalu memberikan dukungan dan semangat untuk menyelesaikan studi ini.
7. Saudara-saudara seperjuangan Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia Angkatan 2016.
8. Semua pihak lain yang telah memberikan masukan, dorongan dan semangat dalam menyelesaikan Skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu.

Kritik dan saran yang membangun senantiasa penulis harapkan sebagai evaluasi dan perbaikan dalam penyusunan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun kalangan umum yang membutuhkan.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb

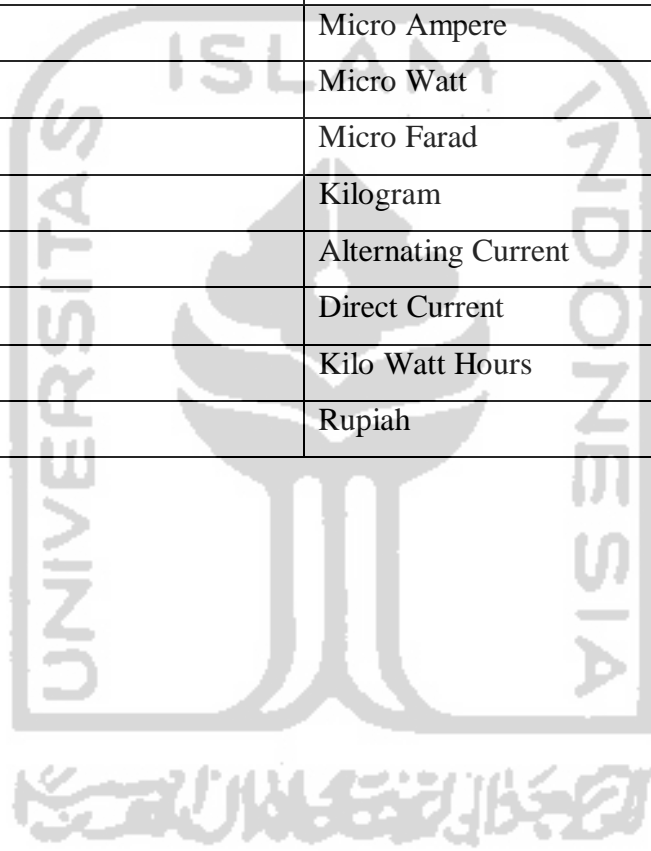
Yogyakarta, 11 September 2020

Raja Hendry Ade



ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

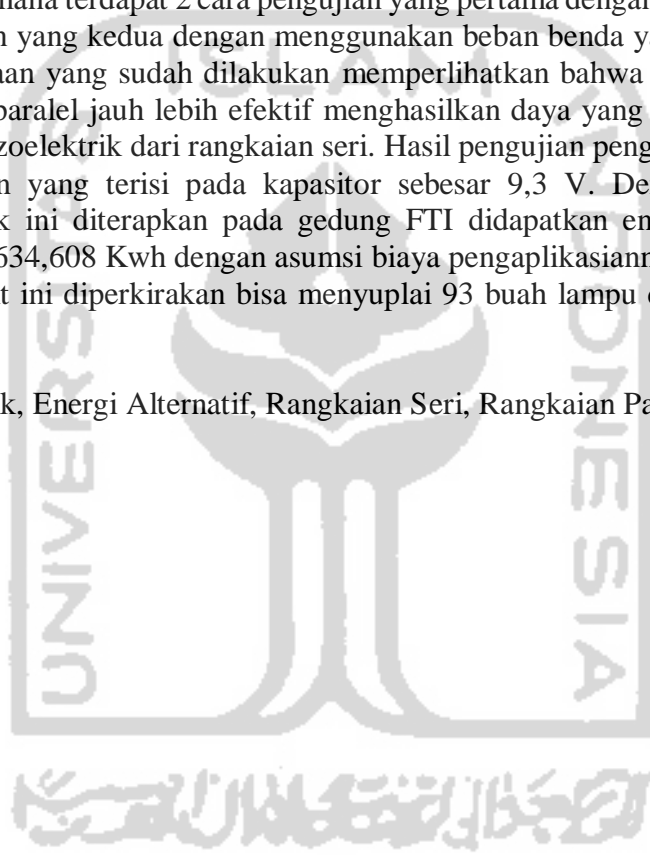
UII	Universitas Islam Indonesia
FTI	Fakultas Teknologi Industri
PLN	Perusahaan Listrik Negara
V	Volt (Tegangan)
P	Daya
E	Energi
S	Sekon
μ A	Micro Ampere
μ W	Micro Watt
μ F	Micro Farad
Kg	Kilogram
Ac	Alternating Current
Dc	Direct Current
KWh	Kilo Watt Hours
Rp	Rupiah



ABSTRAK

Energi listrik sudah menjadi salah satu kebutuhan pokok bagi manusia untuk menunjang segala aktivitas sehari-hari. Semakin bertambahnya populasi manusia maka semakin bertambah juga kebutuhan konsumsi energi listrik yang dibutuhkan. Tetapi sebagian besar penggunaan listrik masih bergantung pada Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang sebagian besar masih menggunakan bahan energi fosil untuk sistem pembangkitannya, sehingga dibutuhkan banyak inovasi dalam bidang kelistrikan khususnya energi terbarukan untuk membantu memenuhi dan menghemat kebutuhan penggunaan energi listrik dan perlahan-lahan mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil. Dengan memanfaatkan populasi manusia yang terus bertambah setiap tahunnya, maka dibuatlah alat berbentuk prototipe ini yang akan mengubah energi tekanan dari pijakan kaki manusia menjadi energi listrik. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dimana terdapat 2 cara pengujian yang pertama dengan menggunakan beban injakan kaki manusia dan yang kedua dengan menggunakan beban benda yang berasal dari berat beras. Dari hasil percobaan yang sudah dilakukan memperlihatkan bahwa konfigurasi prototipe piezoelektrik rangkaian paralel jauh lebih efektif menghasilkan daya yang lebih besar dari pada konfigurasi prototipe piezoelektrik dari rangkaian seri. Hasil pengujian pengisian kapasitor dalam waktu 1 menit tegangan yang terisi pada kapasitor sebesar 9,3 V. Dengan asumsi apabila pembangkit piezoelektrik ini diterapkan pada gedung FTI didapatkan energi yang dihasilkan pertahun adalah sebesar 634,608 Kwh dengan asumsi biaya pengaplikasiannya adalah sebesar Rp 170.133.600. Pembangkit ini diperkirakan bisa menyuplai 93 buah lampu dengan daya 30 Watt perhari.

Kata kunci: Piezoelektrik, Energi Alternatif, Rangkaian Seri, Rangkaian Paralel



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Studi Literatur	4
2.2 Tinjauan Teori.....	5
2.2.1 Pengertian Piezoelektrik	5
2.2.2 Pemanfaatan Piezoelektrik	6
2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan Piezoelektrik	7
2.3 Rangkaian Pembangkitan Piezoelektrik.....	8
2.3.1 Rangkaian Seri.....	8
2.3.2 Rangkaian Paralel	8
2.3.3 Rangkaian Penyearah dan Regulator.....	9
2.3.4 Rangkaian Kapasitor	10

BAB 3 METODOLOGI	12
3.1 Metode Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Alur Penelitian.....	13
3.3.1 Studi Literatur	13
3.4 Perancangan Sistem dan Pembuatan Prototipe	14
3.5 Analisis dan Pengambilan Data.....	16
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Pengujian Alat Prototipe	19
4.1.1 Pengujian Prototipe Rangkaian Seri Dengan Pijakan Kaki Manusia.....	19
4.1.2 Pengujian Prototipe Rangkaian Paralel Dengan Pijakan Kaki Manusia	20
4.1.3 Pengujian Prototipe Rangkaian Seri Dengan Berat Benda (Beras)	21
4.1.4 Pengujian Prototipe Rangkaian Paralel Dengan Berat Benda (Beras).....	22
4.2 Perbandingan Prototipe Rangkaian Seri dan Rangkaian Paralel.....	23
4.3 Waktu Pengisian Tegangan Pada Kapasitor	24
4.4 Perkiraan Potensi Penerapan Piezoelektrik di Gedung FTI UII.....	25
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Kesimpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA.....	29
LAMPIRAN.....	1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Heksagonal dari Kristal Kuarsa (SiO ₂)	6
Gambar 2.2 Prinsip Kerja Piezoelektrik	6
Gambar 2.3 Bentuk Fisik Piezoelektrik.....	7
Gambar 2.4 Rangkaian Piezoelektrik secara Seri	8
Gambar 2.5 Rangkaian Piezoelektrik Secara Paralel	9
Gambar 2.6 Rangkaian Penyearah Jembatan.....	9
Gambar 2.7 Rangkaian Regulator Dioda Zener	10
Gambar 2.8 Rangkaian Menggunakan Kapasitor.....	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	13
Gambar 3.2 Alur Perancangan Sistem Prototipe.....	14
Gambar 3.3 Ilustrasi Pengujian alat	14
Gambar 3.4 Desain Prototipe	15
Gambar 3.5 Skema Rangkaian Prototipe Seri.....	15
Gambar 3.6 Skema Rangkaian Prototipe Paralel	16
Gambar 3.7 Prototipe Rangkaian Seri	16
Gambar 3.8 Prototipe Rangkaian Paralel.....	16
Gambar 3.9 Rangkaian Cara Pengukuran Arus	17
Gambar 3.10 Rangkaian Cara Pengukuran Tegangan.....	17
Gambar 3.11 Rangkaian Cara Pengukuran Pengisian Kapasitor	18
Gambar 4.1 Grafik Penambahan Daya Rangkaian Seri Dengan Berat Benda	21
Gambar 4.2 Grafik Penambahan Daya Rangkaian Paralel Dengan Berat Benda	22
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Daya Rangkaian Seri dan Paralel	23
Gambar 4.4 Grafik Waktu Pengisian Kapasitor.....	24

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Rata-Rata Pengujian Rangkaian Seri Dengan Pijakan Kaki Manusia	19
Tabel 4.2 Rata-Rata Pengujian Rangkaian Paralel Dengan Pijakan Kaki Manusia.....	20
Tabel 4.3 Pengujian Rangkaian Seri Dengan Berat Benda	21
Tabel 4.4 Pengujian Rangkaian Paralel Dengan Berat Benda	22
Tabel 4.5 Pengujian Waktu Pengisian Kapasitor	24
Tabel 4.6 Rata-Rata Daya Prototipe Rangkaian Paralel Dengan Pijakan Kaki Manusia	26



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Di zaman yang terus berkembang ini energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok bagi manusia dalam melaksanakan segala aktivitasnya. Namun, energi listrik tersebut masih sangat bergantung dengan penggunaan energi fosil, sedangkan energi fosil tersebut akan habis, seperti contohnya batu bara yang akan habis sekitar 70 tahun, gas bumi 37 tahun dan minyak bumi dalam jangka 12 tahun lagi, hal ini diungkapkan oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Selain itu juga pembangkit listrik konvensional menjadi salah satu penyumbang pencemaran udara atau emisi terbesar mencapai 31,93% yang masuk dalam urutan kedua terbanyak dalam menyumbang pencemaran udara [1]. Apalagi sekarang kelangkaan sumber energi dan energi terbarukan sedang menjadi perhatian khusus dewasa ini. Di Indonesia sendiri kelangkaan sumber energi sudah menjadi masalah yang cukup fundamental.

Untuk sekarang ini sistem energi terbarukan telah diprioritaskan untuk meminimalisir konsekuensi yang disebabkan oleh penggunaan energi fosil pada pembangkit energi listrik, seperti efek rumah kaca dan pencemaran udara, bahkan untuk memperbarui bahan bakunya energi fosil membutuhkan jangka waktu yang sangat lama. Solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan energi alternatif selain sumber energi yang berasal dari alam atau lebih kita kenal sebutan *Renewable Energy* (Energi Terbarukan). Energi terbarukan memiliki banyak jenis dan yang sangat populer dan sering kita dengar adalah antara lain PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) PLTN (Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir) dan PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air). Selain itu salah satu energi listrik alternatif yang murah dan ramah lingkungan dan bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik alternatif berskala kecil adalah dengan memanfaatkan material *Piezoelectric*. Sumber energi listrik yang ramah lingkungan tersebut bisa diperoleh dari energi yang selama ini tanpa disadari terbuang begitu saja. Salah satunya adalah dengan cara memanfaatkan pijakan kaki manusia pada tempat yang ramai dilalui oleh mobilitas pergerakan manusia, seperti pada anak tangga atau lantai. Pembangkit energi berdaya rendah ini telah menarik perhatian secara signifikan [2].

Untuk itu pada penelitian ini dibuat sebuah prototipe berbasis material piezoelektrik dengan pemanfaatan pijakan kaki manusia sehingga menjadi sumber energi listrik alternatif berskala kecil. Pembangkit listrik ini tidak akan membuat perubahan yang signifikan pada jumlah konsumsi penggunaan energi fosil, namun dapat dipakai untuk menghasilkan energi listrik sebagai konsumsi daya untuk peralatan elektronik yang berdaya rendah, seperti lampu taman atau lampu jalan. Dan

juga bisa dipakai sebagai energi cadangan yang bisa disimpan terlebih dahulu pada baterai maupun kapasitor. Meski menghasilkan daya rendah, pembangkit piezoelektrik ini memiliki keunggulan karena bebas polusi dan didapat dari energi pijakan kaki manusia yang selama ini terbuang sia-sia. Selain itu juga, tidak tergantung pada perubahan cuaca, seperti yang terjadi pada pembangkit listrik tenaga angin atau tenaga matahari. Pembangkit piezoelektrik ini juga dapat dikombinasikan dengan pembangkit listrik yang lain menjadi pembangkit listrik tenaga *Hybrid*, penelitian sekarang yang juga banyak dilakukan adalah *Hybrid Solar Cell* dan *Piezoelectric* [3]. Di gedung FTI sendiri sudah terdapat sistem pembangkit Solar Cell sehingga ini bisa menjadi salah satu alternatif untuk di *Hybrid* dengan pembangkit energi berbasis *Piezoelectric* di gedung FTI UII.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana prototipe berbasis piezoelektrik untuk pembangkit energi listrik alternatif berskala kecil yang apabila diterapkan pada tanggata yang ada di gedung FTI UII dengan memanfaatkan energi dari langkah kaki manusia.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini:

1. Pengujian prototipe pembangkit piezoelektrik menggunakan pijakan kaki manusia dengan berat yang bervariasi antara 36 Kg – 82 Kg dan juga menggunakan berat benda (beras) yang bervariasi antara 1 Kg – 20 Kg.
2. Sistem alat prototipe yang dibuat hanya berfokus pada variasi berat atau beban benda yang diberikan pada prototipe untuk mengetahui berapa besar daya yang bisa dihasilkan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sebuah prototipe pembangkit energi listrik alternatif berskala kecil berbasis material piezoelektrik dengan pemanfaatan energi dari pijakan kaki manusia, sebagai gambaran awal yang ditunjukkan sehingga bisa diperkirakan dan menjadi referensi dalam mengaplikasikan sistem piezoelektrik sebagai sumber energi alternatif yang dipasang pada anak tangga yang ada di gedung FTI UII.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bisa dimanfaatkan menjadi salah satu alternatif sebagai sumber penghasil energi listrik terbarukan berskala kecil dengan memanfaatkan tekanan mekanik dari pijakan kaki manusia pada anak tangga maupun pada lantai yang ramai terdapat mobilitas pergerakan manusia seperti di fasilitas-fasilitas umum.
2. Dapat memberikan gambaran dan peluang kepada peneliti-peneliti dalam mengembangkan dan mengkaji lebih dalam tentang pemanfaatan piezoelektrik sebagai sumber energi listrik alternatif berskala kecil.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian tentang pemanfaatan material piezoelektrik sebagai sumber energi listrik pada dasarnya sudah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Pada tahun 2018 Mowafiq dkk [4] membahas tentang bagaimana material piezoelektrik sebagai pembangkit listrik yang dirancang pada lantai. Dengan merancang pembangkit piezoelektrik pada lantai, energi limbah dari langkah kaki manusia bisa dimanfaatkan menjadi sumber energi listrik. Dari hasil penelitiannya mendapatkan bahwa daya yang dihasilkan cukup kecil, sehingga untuk mendapatkan sumber energi yang besar pembangkit listrik piezoelektrik pada lantai harus mendapatkan banyak langkah kaki dan untuk itu pembangkit ini harus dirakit di fasilitas umum atau tempat yang banyak orang yang berlalu-lalang.

Pada tahun 2018 Diniardi dkk [5] melakukan penelitian tentang analisis daya piezoelektrik model hybrid solar cell – piezoelektrik skala rendah. Metode yang mereka gunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental. Dengan memanfaatkan kelebihan dari geografis Indonesia yang terdiri atas 2 musim saja, yaitu musim hujan dan musim panas. Sehingga dengan memanfaatkan energi dari air hujan yang bisa menghasilkan energi listrik berbasis piezoelektrik. Yang menjadi bahasan utama mereka adalah material dari piezoelektrik yang bisa mengubah energi mekanik dari air hujan menjadi energi listrik. Besarnya energi yang dihasilkan bergantung secara langsung pada ukuran membran dari piezoelektrik serta ukuran titik air hujan dan frekuensinya.

Menurut penelitian dari Margoleno dan Zulkifli pada tahun 2018 [6] yang menjelaskan tentang bagaimana membuat prototipe yang bisa mengubah energi kinetik dengan cara meninju pin sebagai sumber tekanan menjadi energi listrik. Dalam penelitian ini keluaran tegangan dan arus dari prototipe piezoelektrik diuji ketika ditekan dari kincir dengan pin roda bundar, dengan kecepatan 201,3 Rpm diperoleh tegangan 2,055 Vac, setelah melewati rangkaian penyearah didapatkan tegangan menjadi 1,17 Vdc. Pengukuran dilakukan pada saat keluaran dari prototipe piezoelektrik memasuki kapasitor dan kemudian diberi beban dan diperoleh tegangan 1,6 Vdc dengan arus 17,4 μ A, sehingga didapatkan daya sebesar 27,84 μ W. Sedangkan pada saat pengisian kapasitor 22 μ F selama 5 detik terisi tegangan pada kapasitor sebesar 1,89 Vdc.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Hasani pada tahun 2016 [7] yang berencana merancang sebuah pembangkit energi listrik berskala mikro dengan menggunakan dua buah sumber yang di hybrid yaitu tenaga matahari dan juga tenaga tekanan mekanik. Rancangan akhir dari penelitian yang dilakukan adalah berupa sebuah produk berbentuk tas kecil atau yang mereka sebut E-Bag

yang dirancang praktis dan minimalis. E-bag ini merupakan salah satu ide dan solusi yang bagus untuk mengatasi dan menjawab kebutuhan energi saat ini, dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari pada sell surya untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dan juga dilengkapi dengan material piezoelektrik yang bisa digunakan untuk mengubah tekanan mekanik menjadi energi listrik.

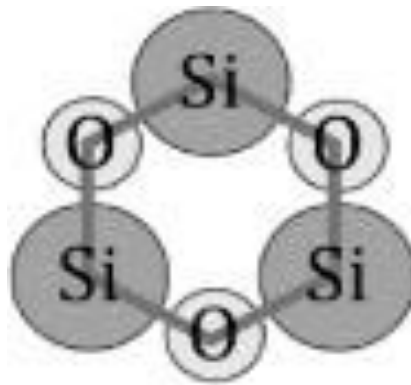
Pada tahun 2013 Prasannabalaji dkk [8] melakukan penelitian tentang bagaimana merancang pembangkit listrik tangga dengan menggunakan piezoelektrik. Pada penelitian ini mereka membuat prototipe generator yang bisa memanfaatkan energi getaran mekanis yang dimanfaatkan pada anak tangga. Penelitian ini menggunakan material piezoelektrik yang bisa mengubah energi mekanik apabila mendapat getaran mekanis sehingga bisa menghasilkan energi listrik. Kemudian dengan menggunakan sebuah rangkaian konverter statis yang bisa mengubah energi listrik tersebut menjadi dalam bentuk lain yang sesuai dengan apa yang sudah ditergetkan.

Oleh karena itu atas dasar penelitian-penelitian diatas, maka pada penelitian kali ini akan dibuat sebuah prototipe berbentuk portable dengan pemanfaatan piezoelektrik pada pijakan kaki manusia sebagai sumber energi listrik alternatif skala kecil yang bisa diaplikasikan pada anak tangga.

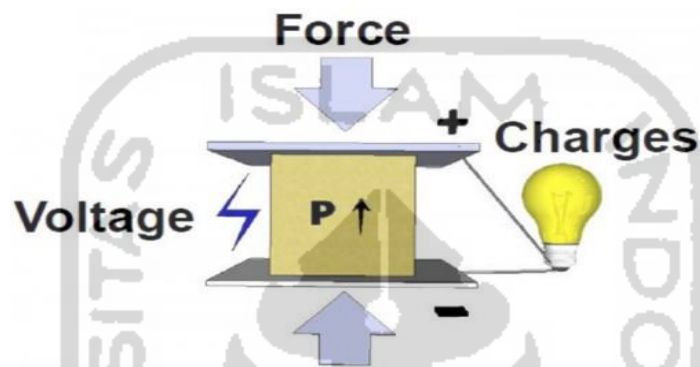
2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Pengertian Piezoelektrik

Piezoelektrik berasal dari kata latin *piezin* yang artinya ditekan dan *piezo* yang artinya didorong. Pada tahun 1880an bahan dari piezoelektrik ditemukan oleh Jacques dan Pierre Curie untuk perama kalinya. Karena makna dari kata piezo itu adalah ditekan, maka piezoelektrik akan bereaksi pada saat material dari piezoelektrik mendapatkan tekanan mekanik. Jacques dan Pierre menggabungkan ilmu pengetahuan mereka tentang piroelektritas, maksud dari piroelektritas sendiri adalah kemampuan dari bahan-bahan tertentu untuk menghasilkan sebuah energi listrik pada saat bahan-bahan itu didinginkan atau dipanaskan dengan menambahkan pemahaman akan perilaku dan struktur sebuah bahan kristal. Lalu mereka berdua untuk pertama kalinya mendemonstrasikan efek piezoelektrik dengan menggunakan bahan kuarsa, garam rossel, ratna cempaka dan kristal turmalin. Pada saat itu diketahui uji coba garam rossel dan kristal kuarsa lah menghasilkan kemampuan piezoelektritas yang paling besar. Maka dapat disimpulkan bahwa piezoelektrik adalah sebuah piranti yang menghasilkan medan listrik ketika piranti tersebut diberi tekanan mekanis [9].



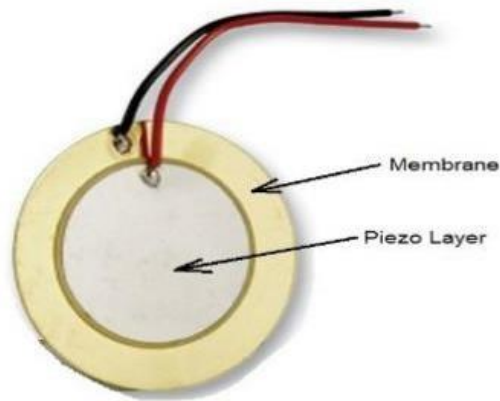
Gambar 2.1 Struktur Heksagonal dari Kristal Kuarsa (SiO_2) [9]



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Piezoelektrik [9]

2.2.2 Pemanfaatan Piezoelektrik

Di Jepang contoh pemanfaatan penggunaan dari piezoelektrik sudah diterapkan, seperti yang diterapkan pada stasiun kereta api listrik East Japan Railway Company (JR East). Pada stasiun tersebut piezoelektrik dapat menghasilkan energi potensial yang cukup besar dan bahkan bisa digunakan untuk sumber tegangan tinggi, contoh penerapannya yang digunakan pada tampilan keberangkatan, lampu penerangan dan sistem tiketing. Pada stasiun JR East pemanfaatan piezoelektrik digunakan pada lantai yang ada di stasiun, lantai yang berukuran 25 m^2 diperhitungkan efektif diinjak dan bisa menghasilkan daya sebesar 1400 KW, bahkan energi tersebut bisa menggerakkan sebuah kereta listrik. Manajemen stasiun JR East memisalkan perhitungannya bahwa satu langkah kaki manusia itu bisa menyalakan lampu dengan daya 60 W dengan durasi waktu selama satu detik [9]. Berikut adalah bentuk fisik dari piezoelektrik :



Gambar 2.3 Bentuk Fisik Piezoelektrik [9]

Selain itu menurut [9] piezoelektrik juga dapat dimanfaatkan dibanyak jenis alat dan komponen teknologi yang bisa menunjang kegiatan dan aktivitas manusia sehari-hari. Berikut adalah macam-macam pemanfaatan yang menggunakan piezoelektrik :

- a. Sebagai *tranduser* pada alat tertentu, fungsinya yaitu biasanya untuk getaran atau besaran mekanik yang bisa dijadikan untuk muatan listrik;
- b. Piezoelektrik juga biasa dipakai untuk mengukur tekanan atau *strain gauges*, dan bisa juga dipakai untuk perangkat yang ada *microphone*;
- c. Pada teknologi terbaru yang ada pada jam tangan, dengan memanfaatkan sifat piezoelektrik dalam bahan kristal kuarsa. Apabila mendapatkan tekanan kristal kuarsa memiliki sifat yang selalu berubah-ubah bentuknya, dan bisa menghasilkan muatan listrik pada sirkuit elektronik sehingga muatan listrik itulah yang akan digunakan pada jam tangan, dan bisa digunakan pada perangkat elektronik lainnya.

2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan Piezoelektrik

Adapun beberapa kelebihan penting dari piezoelektrik adalah fakta yang menunjukkan bahwa komponen ini bisa dengan sendiri membangkitkan tegangannya, hanya perlu diberi tekanan mekanik saja, dan oleh sebab itulah komponen ini tidak perlu bantuan daya atau tegangan dari luar untuk operasionalnya. Piezoelektrik ini sangat berguna untuk beberapa alat elektronik dimana konsumsi dayanya sangat terbatas, sangat bermanfaat untuk alat atau komponen elektronik yang bedaya kecil, karena efek dari piezoelektrik ini yang mempunyai hukum penyekalan yang cukup unik dan menarik. Namun komponen piezoelektrik ini juga memiliki beberapa kekurangan, adapun kekurangannya adalah terdapat sedikit kebocoran muatan listrik pada komponen piezoelektrik ini, karena piezo ini bukan termasuk dalam susatu dielektrik yang cukup bagus. Kekurangan yang paling utama dari piezo ini adalah sensitifitasnya hanya bagus untuk sinyal yang selalu berubah-ubah terhadap waktu saja [10].

2.3 Rangkaian Pembangkitan Piezoelektrik

2.3.1 Rangkaian Seri

Rangkaian seri merupakan rangkaian yang hanya ada satu jalur tempat arus listrik mengalir dari sumber arus listrik. Pada Gambar 2.4 rangkaian seri dapat dijelaskan bahwa untuk pemasangannya pada piezoelektrik bagian positif piezo pertama disambungkan ke bagian negatif piezo kedua dan bagian positif piezo kedua disambungkan ke bagian negatif piezo ke tiga begitu seterusnya. Untuk Dayanya jumlah total daya yang masuk ke suatu titik percabangan sama dengan jumlah daya yang keluar pada titik percabangan tersebut, sehingga bisa dirumuskan dengan persamaan berikut :

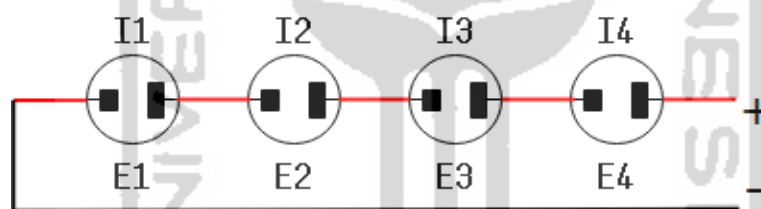
$$E_{total} = E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = \dots E_N \quad (2.1)$$

Sedangkan untuk total arusnya pada rangkaian seri adalah sama dengan penjumlahan arus yang dihasilkan oleh tiap komponen, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + \dots I_N \quad (2.2)$$

Dimana E = Daya (Watt) E_{total}

I = Arus (Ampere)



Gambar 2.4 Rangkaian Piezoelektrik secara Seri

2.3.2 Rangkaian Paralel

Rangkaian paralel adalah rangkaian yang memiliki lebih dari satu jalur tempat arus listrik mengalir dari sumber arus listrik. Pada Gambar 2.5 dijelaskan bahwa rangkaian piezoelektrik secara paralel disusun dengan cara menggabungkan semua bagian positif dari piezo menjadi satu dan juga menghubungkan semua bagian negatif piezo menjadi satu juga. Untuk dayanya jumlah total daya yang masuk pada suatu titik percabangan merupakan penjumlahan daya yang keluar pada setiap titik percabangan tersebut, sehingga bisa dirumuskan persamaannya sebagai berikut:

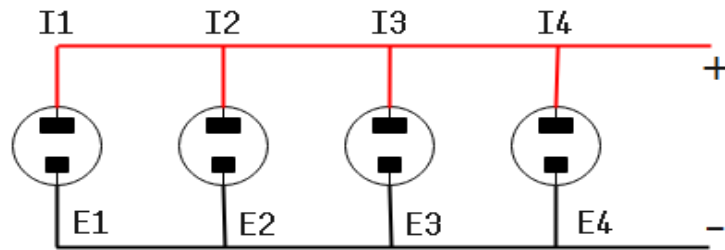
$$E_{total} = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + \dots E_N \quad (2.3)$$

Sedangkan untuk arusnya pada rangkaian paralel, sesuai dengan bunyi dari *Hukum Kirchof 1* "Arus listrik yang masuk pada suatu titik percabangan sama dengan arus yang keluar pada suatu titik percabangan tersebut, sehingga persamaannya bisa dirumuskan sebagai berikut:

$$I_{total} = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = \dots I_N \quad (2.4)$$

Dimana E = Daya (Watt)

I = Arus (Ampere)



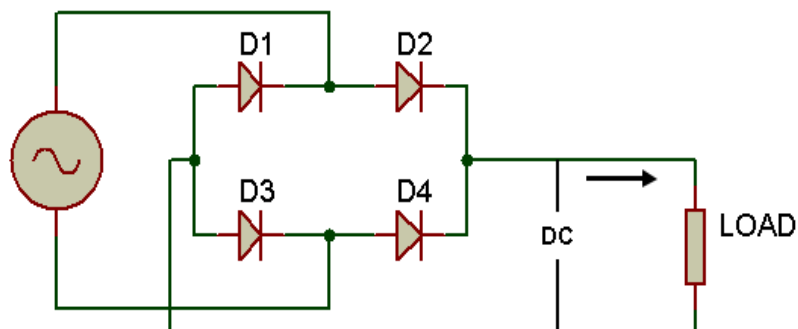
Gambar 2.5 Rangkaian Piezoelektrik Secara Paralel

2.3.3 Rangkaian Penyearah dan Regulator

Tegangan keluaran dari piranti piezoelektrik yang berupa tegangan Ac atau sinyal impuls tidak bisa atau kurang efektif bila dimanfaatkan secara langsung, sehingga dibutuhkan suatu sistem rangkaian seperti sistem *harvesting energy*, sistem ini terdiri atas rangkaian *rectifier* (Penyearah), regulator dan media penyimpanan energi. Penyearah dan regulator merupakan komponen-komponen elektronika yang terdiri atas penyearah jembatan dan juga regulator tegangan yang dibuat dalam satu rangkaian. Penyearah gelombang penuh berfungsi untuk merubah sinyal listrik Ac (Bolak-balik) menjadi sinyal listrik Dc (Searah). Sedangkan regulator tegangan hanya berfungsi untuk menstabilkan tegangan keluaran.

Penyearah sistem jembatan ini ialah sebuah penyearah yang memakai empat buah dioda yang disusun seperti model jembatan. Penyearah sistem jembatan bisa menghasilkan keluaran gelombang penuh. Penyearah sistem jembatan ini disusun oleh empat buah dioda yang bekerja secara bergantian pada tiap fase sinyal sinusoidal. Hal ini mengakibatkan keluaran penyearah sistem jembatan ini sama dengan penyearah gelombang penuh.

Sebuah penyearah sistem jembatan sederhana dapat digambarkan dengan empat buah dioda yang disusun seperti model jembatan. 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 meyearahkan tegangan negatif dari sinyal sinus [12]. Berikut gambar rangkaian penyearah jembatan:

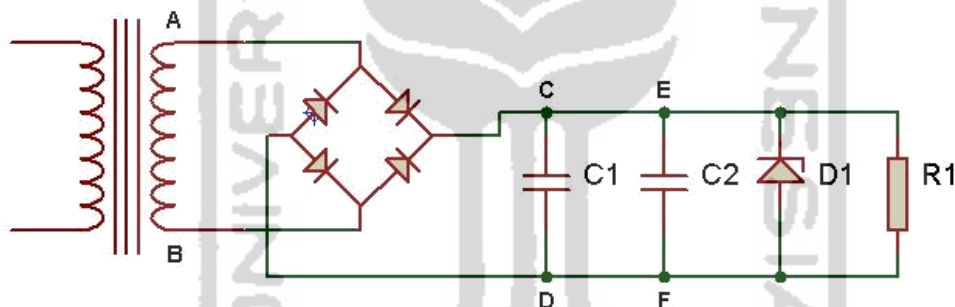


Gambar 2.6 Rangkaian Penyearah Jembatan [12]

Prinsip kerja rangkaian dari Gambar 2.6 cukup sederhana, arus akan mengalir ke D2 apabila rangkain mendapat siklus sinyal Ac yang bagian positif, kemudian ke beban dan kembali lagi melalui D3. Pada saat siklus positif terjadi D4 dan D1 secara bersamaan akan mengalami *reverse bias* sehingga arus tidak akan bisa mengalir melalui D4 dan D1. Kemudian arus akan mengalir ke D4 dan D1 apabila rangkaian mendapat siklus sinyal negatif, dan sebaliknya D2 dan D3 akan mengalami reverse bias atau akan bersifat isolator sehingga arus tidak bisa mengalir melalui D2 dan D3.

Secara sederhana fungsi dari regulator tegangan adalah untuk menstabilkan output keluaran tegangan dari suatu sumber. Karna biasanya output dari tegangan keluaran Dc yang berasal dari rangkaian penyearah dioda tidak stabil atau berubah-ubah nilai keluarannya pada saat beroperasi. Penyebab utamanya karna terjadinya ketidaksetabilan pada keluaran suatu sumber adalah karna biasanya adanya perubahan pada masukan sumber Ac dan juga beban yang bervariasi.

Terjadinya perubahan catu daya akan berakibat cukup serius pada sebagian peralatan elektronika, regulator tegangan untuk suatu sumber tegangan yang paling simple dan sederhana ialah dengan menggunakan sebuah dioda zener [12]. Berikut adalah rangkaian sederhana menggunakan sebuah dioda zener yang difungsikan sebagai regulator:



Gambar 2.7 Rangkaian Regulator Dioda Zener [12]

Pada Gambar 2.7 merupakan sebuah contoh rangkaian sederhana untuk cara penerapan regulator tegangan. Hanya dengan memakai satu buah dioda zener yang dipasang dalam posisi *reverse bias*, dioda zener ini hanya akan bekerja pada saat diberikan tegangan *reverse bias*. Posisi pemasangannya dioda zener cukup dipasang paralel dengan beban resistor dengan posisi *reverse bias* [12].

2.3.4 Rangkaian Kapasitor

Selain baterai, kapasitor juga bisa dijadikan sebagai media penyimpanan, karena alat yang di buat dalam bentuk prototipe sehingga daya yang dihasilkan cukup kecil, sehingga media penyimpanannya bisa diaplikasikan menggunakan kapasitor. Suatu kapasitor dengan kapasitansi

C bila dihubungkan dengan suatu sumber tegangan V maka setelah beberapa waktu akan terisi oleh muatan sebesar:

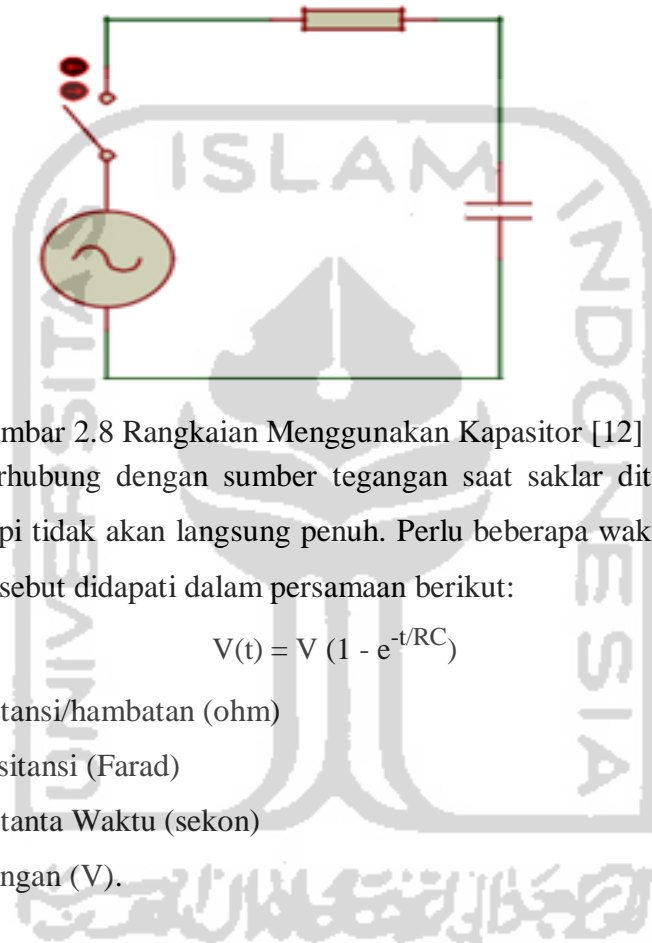
$$Q = C.V \quad (2.5)$$

Dimana: Q = Jumlah muatan listrik (Coloumb)

C = Kapasitas Kondensator (Farad)

V = Tegangan Listrik (Volt)

Berikut gambar rangkaian sebuah kapasitor dalam keadaan kosong dan belum dihubungkan dengan sumber tegangan:



Gambar 2.8 Rangkaian Menggunakan Kapasitor [12]

Kapasitor akan terhubung dengan sumber tegangan saat saklar ditutup. Kapasitor akan segera terisi muatan tetapi tidak akan langsung penuh. Perlu beberapa waktu agar kapasitor bisa terisi penuh [12]. Hal tersebut didapati dalam persamaan berikut:

$$V(t) = V (1 - e^{-t/RC}) \quad (2.6)$$

Dimana: R = Resistansi/hambatan (ohm)

C = Kapasitansi (Farad)

t = Konstanta Waktu (sekon)

V = Tegangan (V).

BAB 3

METODOLOGI

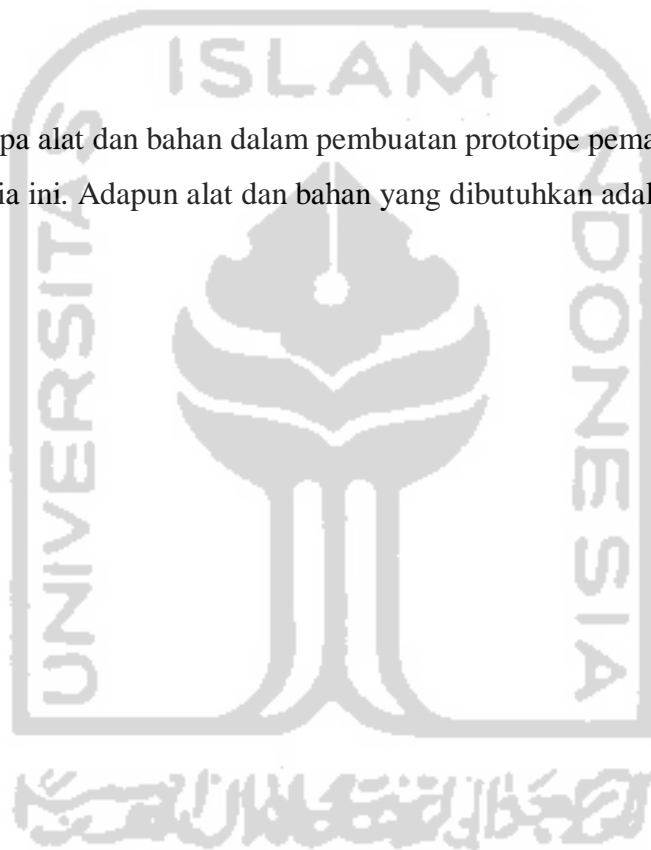
3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan prototipe dengan memanfaatkan pijakan kaki manusia berbasis piezoelektrik ini adalah metode eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari pijakan kaki manusia dan berat benda dengan beban yang bervariasi terhadap efek piezoelektrik dalam menghasilkan energi listrik.

3.2 Alat dan Bahan

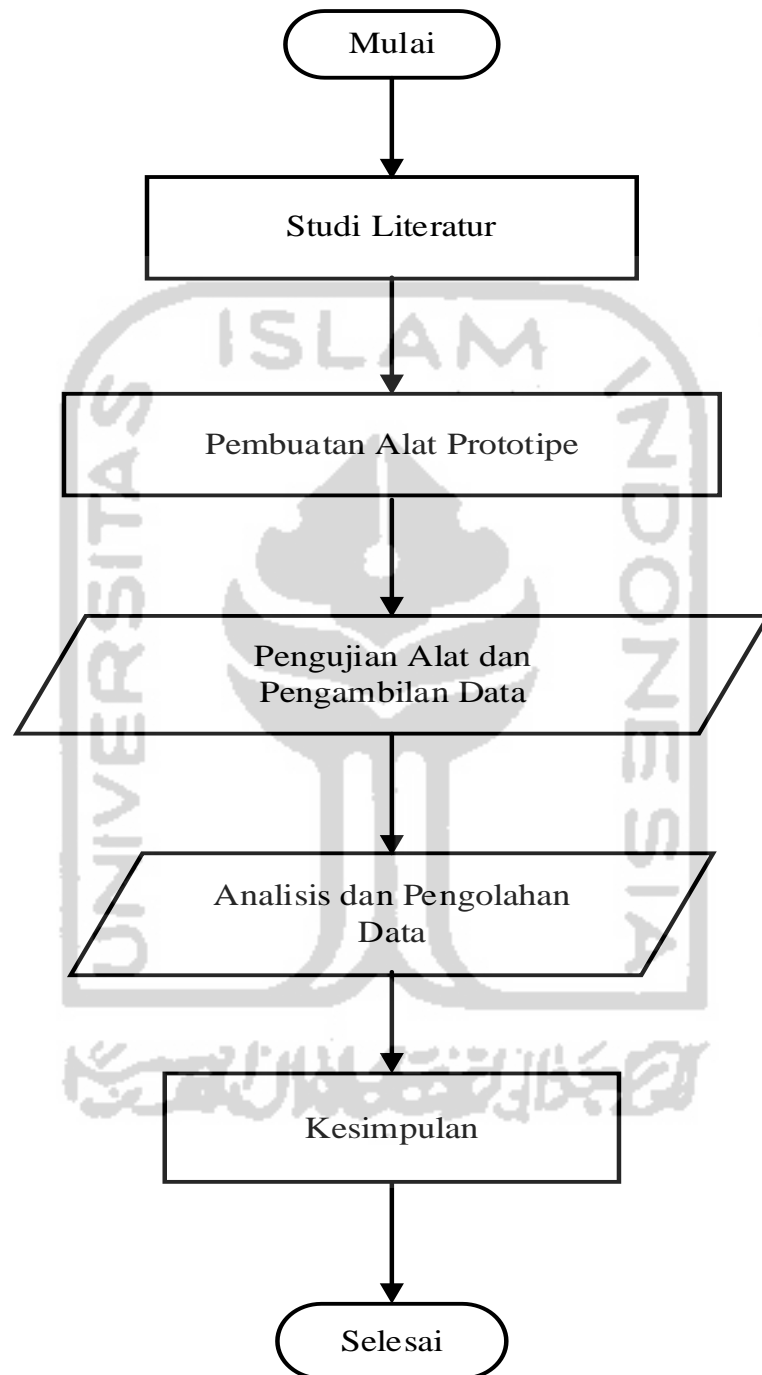
Dibutuhkan beberapa alat dan bahan dalam pembuatan prototipe pemanfaatan piezoelektrik pada pijakan kaki manusia ini. Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Piezoelektrik
2. Kabel jumper
3. Sterofoam
4. Akrilik
5. Kaki Karet
6. Projecboard
7. Dioda
8. Kapasitor
9. Led
10. Resistor
11. Multimeter
12. Solder
13. Timah
14. Double Tape
15. Gunting
16. Timbangan.



3.3 Alur Penelitian

Tahapan mengenai penelitian prototipe pemanfaatan piezoelektrik pada pijakan kaki manusia sebagai sumber energi listrik alternatif dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 3.1 dan dijelaskan pada sub bab 3.3.1 hingga sub bab 3.5



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Studi Literatur

Pada studi literatur ini terdapat berbagai penelitian yang ada hubungannya dengan penelitian saya yang telah dilakukan sebelumnya. Studi literatur ini bertujuan sebagai dasar teori dan juga

memperkuat permasalahan dalam melakukan penelitian ini. Pada penelitian ini, studi literatur dipakai untuk mendapatkan berbagai referensi teori dan metode yang berhubungan dengan berbagai permasalahan yang diteliti. Kajian penulis atas referensi-referensi yang ada baik berupa jurnal, buku, laporan penelitian, paper ataupun karya-karya ilmiah yang berkaitan dengan penelitian ini. Hasil dari studi literatur ini bisa menjadi masukan bagi peneliti dalam memilih metode dan parameter apa saja yang dapat dijadikan sebagai pengambil keputusan dalam penelitian ini.

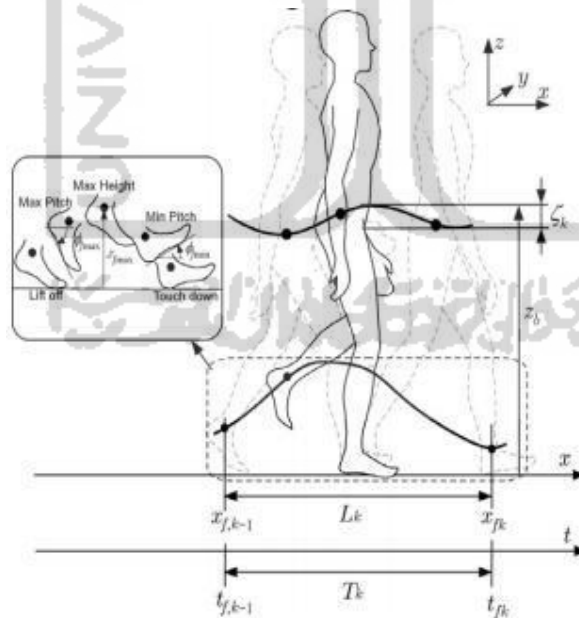
3.4 Perancangan Sistem dan Pembuatan Prototipe



Gambar 3.2 Alur Perancangan Sistem Prototipe

Pada tahap ini, perancangan sistem dan pembuatan prototipe piezoelektrik dilakukan agar mempermudah dalam penyelesaian penelitian ini. Gambar 3.2 merupakan alur perancangan sistem dalam pembuatan prototipe pemanfaatan piezoelektrik pada tekanan kaki manusia sebagai sumber energi listrik alternatif.

1. Tekanan Kaki Manusia



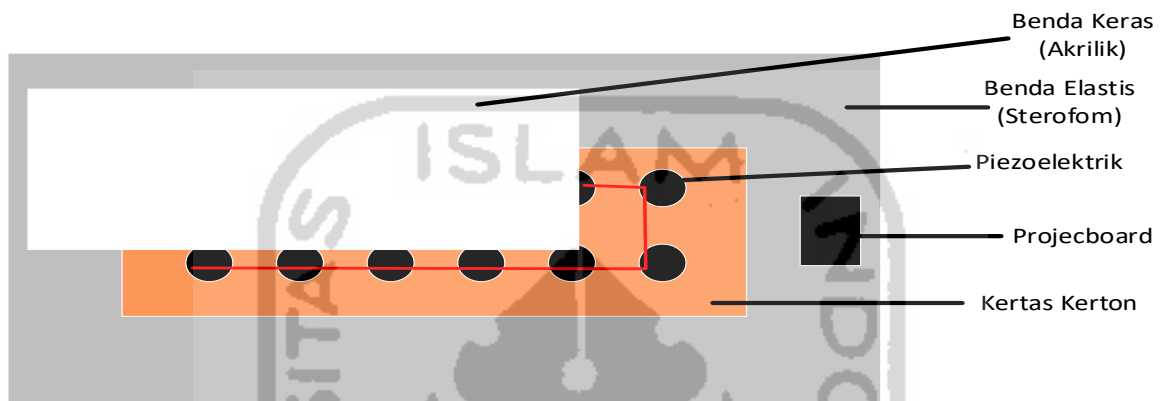
Gambar 3.3 Ilustrasi Pengujian alat [12]

Pengujian pengambilan data prototipe dilakukan dengan cara memberikan tekanan pada titik tengah prototipe, seperti yang terlihat pada ilustrasi pada Gambar 3.3, sehingga diharapkan bisa mendapatkan keluaran energi listrik terbesar. Lama waktu tekanan yang diberikan pada saat

pengambilan data dengan cara menginjak prototipe kurang lebih 1 detik ketika pas mengenai bagian injakan pada prototipe, seperti halnya orang berjalan normal menaiki anak tangga. Poisis tegap seseorang saat berjalan menginjak prototipe ini sangat menentukan keluaran energi yang dihasilkan.

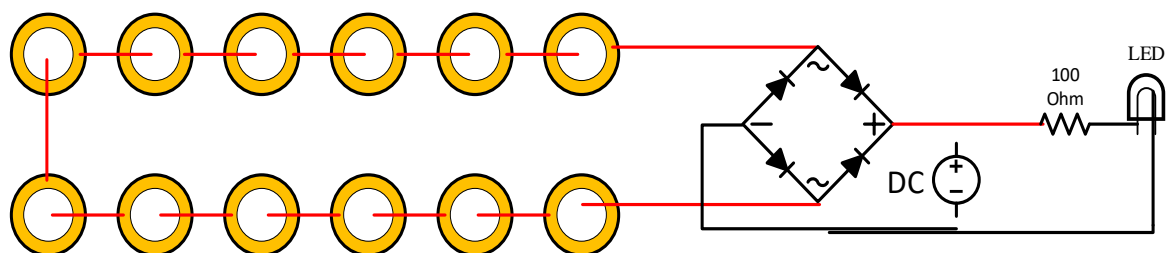
2. Spesifikasi dan Desain Prototipe

Langkah awal yang dilakukan sebelum melakukan pembuatan prototipe adalah merancang suatu desain yang mana akan diaplikasikan dalam sebuah prototipe. Adapun desain prototipenya bisa dilihat pada Gambar 3.4 berikut :

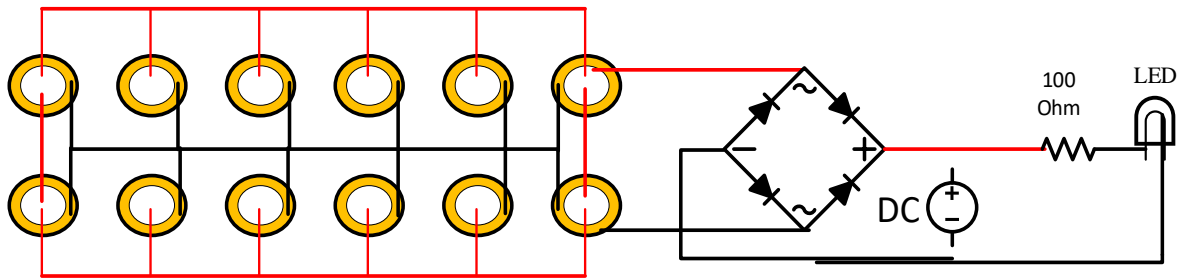


Gambar 3.4 Desain Prototipe

Prototipe dibuat dengan ukuran panjang 45 cm dan lebar 30 cm, dengan menggunakan piezoelektrik jenis PZT ukuran diameter 35 mm. Pada pembuatan prototipe ini dibagi dalam 2 alat, yang pertama adalah 12 piezoelektrik di rangkai seri dan 12 piezoelektrik yang dirangkai paralel. Kemudian bagian layer (piezo layer) dari piezoelektrik ditempel kaki karet sebagai media untuk menekan piezoelektrik. Lalu bagian atas yang diinjak menggunakan akrilik yang berukuran 15x30 cm dengan tebal 5 mm agar tekanan yang diberikan bisa merata. Kemudian untuk bagian bawah menggunakan styrofoam sebagai alas agar lebih elastis dan tekanan yang diberikan bisa lebih maksimal. Lalu projecboard digunakan sebagai media untuk membuat rangkaian penyearah dengan menggunakan 4 buah dioda untuk mengubah keluaran tegangan Ac dari piezoelektrik menjadi tegangan Dc. Kemudian keluaran dari rangkain penyearah dihubungkan ke beban berupa sebuah LED. Berikut adalah skema dari sistem rangkaian prototipe :



Gambar 3.5 Skema Rangkaian Prototipe Seri



Gambar 3.6 Skema Rangkaian Prototipe Paralel

Berikut adalah bentuk dari alat prototipe yang sudah dirangkai sesuai dengan rangkaian sistem pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6, yang bisa dilihat pada Gambar 3.7 dan Gambar 3.8 :



Gambar 3.7 Prototipe Rangkaian Seri

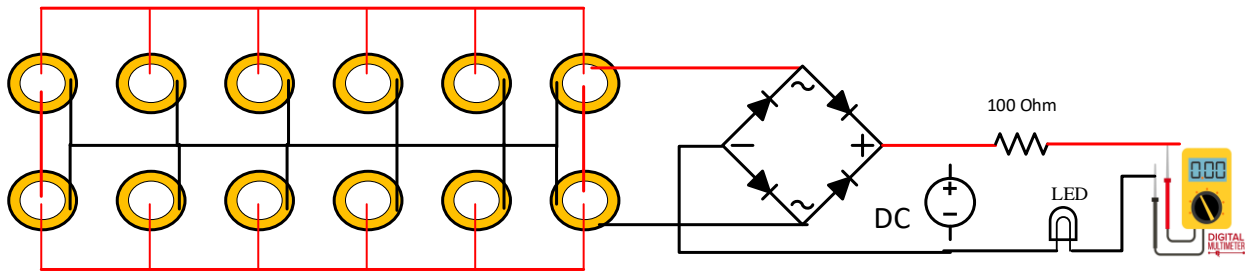


Gambar 3.8 Prototipe Rangkaian Paralel

3.5 Analisis dan Pengambilan Data

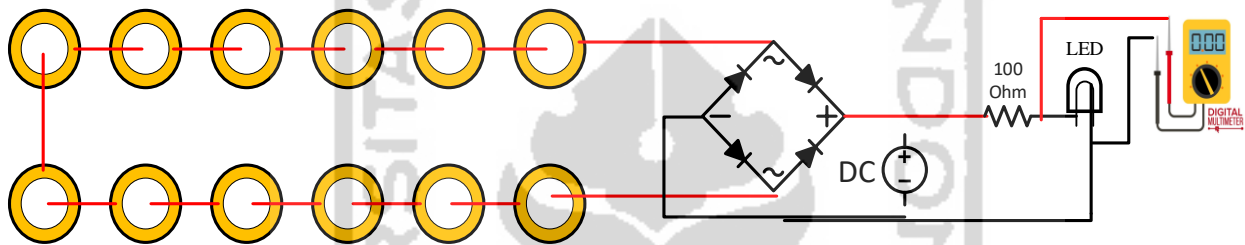
Pada proses pengujian dan pengambilan data dilakukan secara langsung dengan menggunakan multimeter digital sebagai alat pengukur tegangan dan arus yang dihasilkan oleh prototipe. Sedangkan untuk daya didapatkan dengan menggunakan rumus $P = V \times I$. Cara pengujian prototipe dibagi menjadi 2 yang pertama adalah penggunaan berat badan manusia yang berada pada interval 36 Kg sampai 82 Kg dan yang kedua selain penggunaan berat badan manusia,

digunakan berat benda yang berasal dari beras pada interval 1 Kg sampai 20 Kg. Sedangkan untuk proses pengambilan data ada 2 pengujian yang dilakukan dengan menggunakan berat yang bervariasi, yaitu pengujian alat pada rangkaian seri dan rangkaian paralel. Berikut adalah gambar rangkaian pengujian prototipe untuk pengujian arus dan tegangan:



Gambar 3.9 Rangkaian Cara Pengukuran Arus

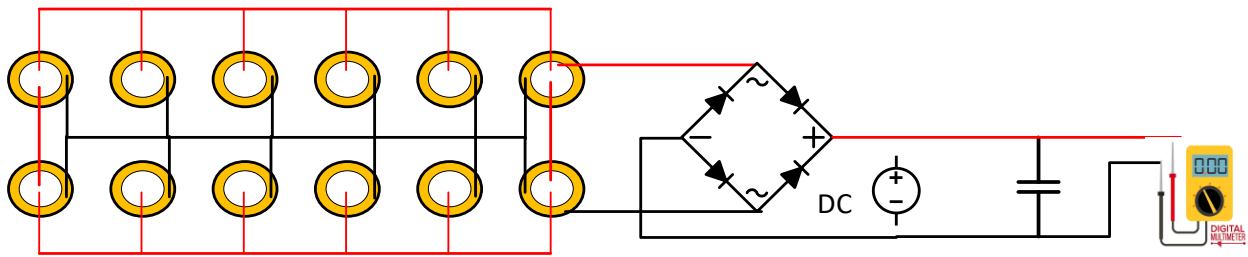
Pada pengukuran arus multimeter dihubungkan secara seri dengan beban lampu LED pada rangkaian, seperti yang terlihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.10 Rangkaian Cara Pengukuran Tegangan

Sedangkan untuk pengukuran tegangan alat ukur multimeter dihubungkan secara paralel dengan rangkaian, seperti yang terlihat pada Gambar 3.10.

Setelah dianalisa dan mendapatkan hasil konfigurasi mana yang lebih efektif antara prototipe rangkaian seri dan prototipe rangkaian paralel dalam menghasilkan daya yang lebih besar maka dilakukan pengambilan data selanjutnya dengan menambahkan kapasitor pada rangkaian di projectboard. Disini akan diambil data waktu pengisian muatan listrik pada kapasitor, waktu yang digunakan adalah 1 menit dengan melihat interval waktu pengisian setiap 10 detik sekali. Pada pengujian kali ini menggunakan satu sample berat saja yaitu 62 Kg. Berat ini akan memberikan tekanan secara impuls atau konstan pada prototipe selama 1 menit. Berikut adalah Gambar 3.11 yang menjelaskan tentang rangkaian prototipe untuk pengukuran pengisian kapasitor :



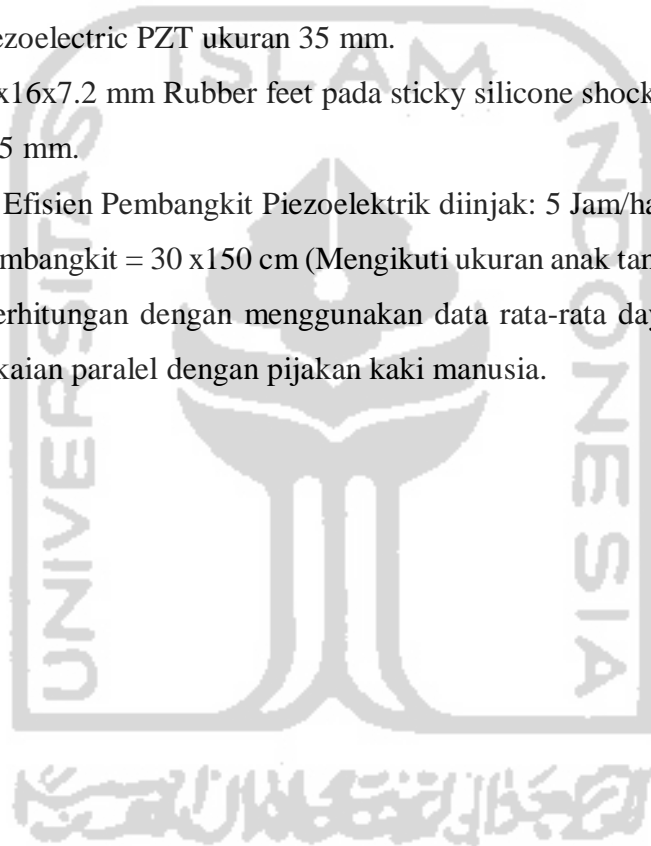
Gambar 3.11 Rangkaian Cara Pengukuran Pengisian Kapasitor

Kemudian analisa selanjutnya adalah mencoba menghitung dan mengira-ngira berapa besar potensi yang ada pada gedung Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia apabila pemanfaatan piezoelektrik sebagai pembangkit energi listrik ini diterapkan pada gedung FTI UII.

Dengan membuat asumsi pembangkit piezoelektrik sebagai berikut:

- Jenis Piezo: Piezoelectric PZT ukuran 35 mm.
- Kaki Karet: 19x16x7.2 mm Rubber feet pada sticky silicone shock absorber balck.
- Akrilik: tebal 55 mm.
- Asumsi Waktu Efisien Pembangkit Piezoelektrik diinjak: 5 Jam/hari.
- Ukuran Alat pembangkit = 30 x150 cm (Mengikuti ukuran anak tangga yang ada di FTI).

Lalu melakukan perhitungan dengan menggunakan data rata-rata daya yang didapat pada pengujian prototipe rangkaian paralel dengan pijakan kaki manusia.



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Alat Prototipe

Pengujian prototipe ini bertujuan untuk mendapatkan hasil keluaran tegangan dan arus yang dihasilkan oleh prototipe baik rangkaian seri maupun rangkaian paralel. Pada percobaan ini menggunakan 2 cara pengujian yang pertama dengan menggunakan pijakan kaki manusia dengan berat 36 Kg, 48 Kg, 56 Kg, 62 Kg, 73 Kg dan 82 Kg, dan yang kedua adalah dengan menggunakan berat benda yang berasal dari beras dengan interval berat 1 Kg, 5 Kg, 10 Kg, 15 Kg dan 20 Kg.

4.1.1 Pengujian Prototipe Rangkaian Seri Dengan Pijakan Kaki Manusia

Pengujian dan pengambilan data keluaran tegangan dan arus dilakukan secara manual diukur menggunakan multimeter digital. Pengujian prototipe untuk percobaan kali ini dilakukan sebanyak 13 kali injakan, dan dicatat berapa keluaran tegangan dan arus persekali injakan, ini dilakukan karena efek dari titik pijakan dan juga posisi tegap tubuh manusia yang tidak memiliki kekuatan yang sama pada saat menginjak prototipe ini meskipun berat atau bebannya sama, sehingga akan diambil rata-rata dari 13 kali injakan tersebut. Tabel keseluruhan data hasil pengujian prototipe rangkaian seri dengan pijakan kaki manusia bisa dilihat pada bagian Lampiran 2. Berikut adalah rata-rata yang diambil dari hasil 13 kali injakan yang dilakukan pada prototipe rangkaian seri :

Tabel 4.1 Rata-Rata Pengujian Rangkaian Seri Dengan Pijakan Kaki Manusia

Berat (Kg)	Tegangan (VDC)	Arus (μ A)	Daya (μ W)
36	1,01	4,9	4,95
48	1,18	6,07	7,16
56	1,26	7,07	8,91
62	1,33	10,07	13,39
73	1,47	11	16,17
82	1,63	12,46	20,31

Pada Tabel 4.1 bisa dilihat bahwa semakin besar berat atau beban yang diberikan maka semakin besar pula tegangan dan arus yang dihasilkan oleh alat prototipe ini. Tetapi untuk tegangannya tidak terlalu mengalami kenaikan yang signifikan, mungkin karena adanya efek dari rangkaian penyearah dioda dan juga efek dari pembebanan led dimana tegangn max dari led sendiri adalah sekitar 1,7-2 V. Begitu juga dengan arus, tidak terlalu mengalami kenaikan yang signifikan,

arus yang dihasilkan oleh piezoelektrik memang relatif kecil, terbukti arus yang terbaca hanya dalam skala μA . Terlihat pada rangkaian seri ini rata-rata output tegangan dan arus tertinggi didapatkan pada berat 82 Kg dengan 1,63 V dan 12,46 μA , sedangkan untuk rata-rata output tegangan dan arus terendah terdapat pada berat 36 Kg dengan 1,01 V dan 4,9 μA . Daya didapatkan hasil dari perkalian antara arus dan tegangan, dapat dilihat daya terbesar yang dihasilkan oleh prototipe rangkaian seri adalah sebesar 20,31 μW dengan berat 82 Kg, sedangkan daya terendah yang dihasilkan adalah 4,95 μW dengan berat 36 Kg.

4.1.2 Pengujian Prototipe Rangkaian Paralel Dengan Pijakan Kaki Manusia

Pengujian dan pengambilan data keluaran tegangan dan arus dilakukan secara manual diukur menggunakan multimeter digital. Pengujian prototipe untuk percobaan kali ini dilakukan sebanyak 13 kali injakan, dan dicatat berapa keluaran tegangan dan arus persekali injakan, ini dilakukan karena efek dari titik pijakan dan juga posisi tegap tubuh manusia yang tidak memiliki kekuatan yang sama pada saat menginjak prototipe ini meskipun berat atau bebannya sama, sehingga akan diambil rata-rata dari 13 kali injakan tersebut. Tabel keseluruhan data hasil pengujian prototipe rangkaian paralel dengan pijakan kaki manusia bisa dilihat pada bagian Lampiran 3. Berikut adalah rata-rata yang diambil dari hasil 13 kali injakan yang dilakukan pada prototipe rangkaian paralel :

Tabel 4.2 Rata-Rata Pengujian Rangkaian Paralel Dengan Pijakan Kaki Manusia

Berat (Kg)	Tegangan (VDC)	Arus (μA)	Daya (μW)
36	1,37	65,76	90,09
48	1,59	74,46	118,39
56	1,62	83,53	135,31
62	1,64	85,84	140,77
73	1,67	90,61	151,31
82	1,74	96,61	168,10

Dari Tabel 4.2 bisa dilihat bahwa semakin besar berat atau beban yang diberikan maka semakin besar pula tegangan dan arus yang dihasilkan oleh alat prototipe ini. Tetapi untuk tegangannya tidak terlalu mengalami kenaikan yang signifikan, mungkin karena adanya efek dari rangkaian penyearah dioda dan juga efek dari pembebanan led dimana dari led sendiri juga mempunyai tegangan maximum adalah sekitar 1,7-2 V. Sedangkan untuk arus mengalami kenaikan yang lumayan besar. Arus yang dihasilkan oleh piezoelektrik memang relatif kecil, terbukti arus yang terbaca hanya dalam skala μA . Terlihat pada rangkaian paralel ini rata-rata output tegangan dan arus tertinggi didapatkan pada berat 82 Kg dengan 1,74 V dan 96,61 μA ,

sedangkan untuk rata-rata output tegangan dan arus terendah terdapat pada berat 36 Kg dengan 1,37 V dan 65,76 μ A. Daya yang didapatkan hasil dari perkalian antara arus dan tegangan, dapat dilihat daya terbesar yang dihasilkan oleh prototipe rangkaian paralel adalah sebesar 168,10 μ W dengan berat 82 Kg, sedangkan daya terendah yang dihasilkan adalah 90,09 μ W dengan berat 36 Kg.

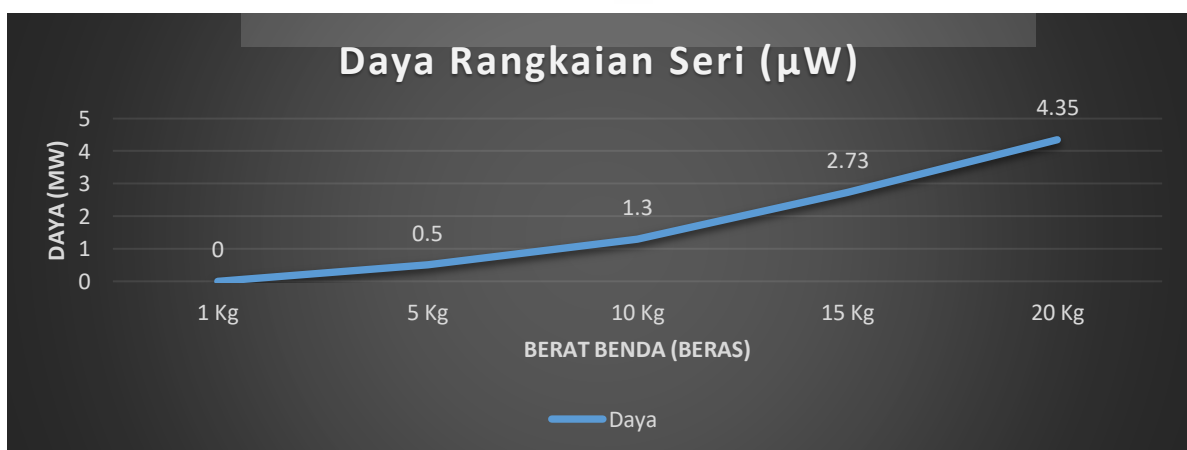
4.1.3 Pengujian Prototipe Rangkaian Seri Dengan Berat Benda (Beras)

Pengujian dan pengambilan data keluaran tegangan dan arus pada rangkaian seri dengan beban selain pijakan kaki manusia diukur dengan menggunakan alat ukur multimeter digital. Berat yang digunakan berasal dari beras yang sebelumnya ditimbang terlebih dahulu, kemudian dilakukan pengambilan data dengan cara meletakkan beras pada bagian atas prototipe selama sekitar 1-2 detik dan kemudian diangkat kembali. Hasil percobaan sebagai berikut :

Tabel 4.3 Pengujian Rangkaian Seri Dengan Berat Benda

Berat (Kg)	Tegangan (VDC)	Arus (μ A)	Daya (μ W)
1	0,2	0	0
5	0,5	1	0,5
10	1	1,6	1,6
15	1,3	2,1	2,73
20	1,5	2,9	4,35

Pada Tabel 4.3 dapat dilihat hasil dari pengujian dengan menggunakan beban selain dari pijakan kaki manusia, yaitu menggunakan berat benda yang berasal dari beras. Sama seperti pengujian pada pijakan kaki manusia, daya yang dihasilkan mengalami peningkatan seiring dengan penambahan berat yang diberikan pada prototipe. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada grafik berikut :



Gambar 4.1 Grafik Penambahan Daya Rangkaian Seri Dengan Berat Benda

Grafik pada Gambar 4.1 menunjukkan penambahan daya yang tidak terlalu signifikan, karena arus yang dihasilkan oleh rangkaian seri relatif kecil sehingga mengakibatkan daya yang dihasilkan juga kecil, penambahan dayanya rata-rata hanya sekitar 5 % – 6 % saja seiring dengan penambahan berat dengan interval 5 Kg.

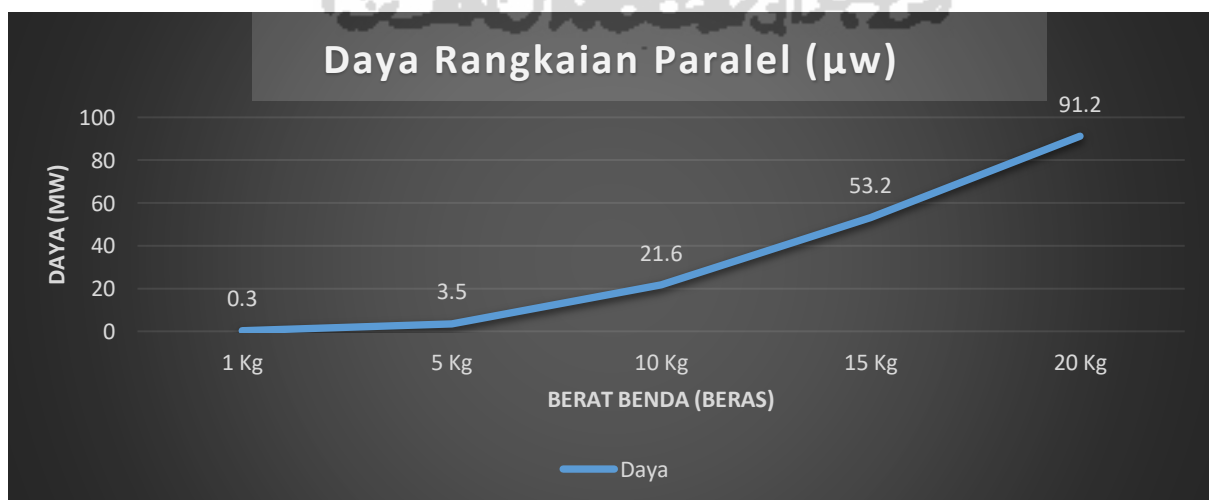
4.1.4 Pengujian Prototipe Rangkaian Paralel Dengan Berat Benda (Beras)

Pengujian dan pengambilan data keluaran tegangan dan arus pada rangkaian seri dengan beban selain pijakan kaki manusia diukur dengan menggunakan alat ukur multimeter digital. Berat yang digunakan berasal dari beras yang sebelumnya ditimbang terlebih dahulu, kemudian dilakukan pengambilan data dengan cara meletakkan beras pada bagian atas prototipe selama sekitar 1-2 detik dan kemudian diangkat kembali. Hasil percobaan sebagai berikut :

Tabel 4.4 Pengujian Rangkaian Paralel Dengan Berat Benda

Berat (Kg)	Tegangan (VDC)	Arus (μ A)	Daya (μ W)
1	0,3	1	0,3
5	0,5	7	3,5
10	1,2	18	21,6
15	1,4	38	53,2
20	1,6	57	91,2

Pada Tabel 4.4 dapat dilihat hasil dari pengujian dengan menggunakan beban selain dari pijakan kaki manusia, yaitu menggunakan berat benda yang berasal dari beras. Sama seperti pengujian pada pijakan kaki manusia, daya yang dihasilkan mengalami peningkatan seiring dengan penambahan berat yang diberikan pada prototipe. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada grafik berikut :

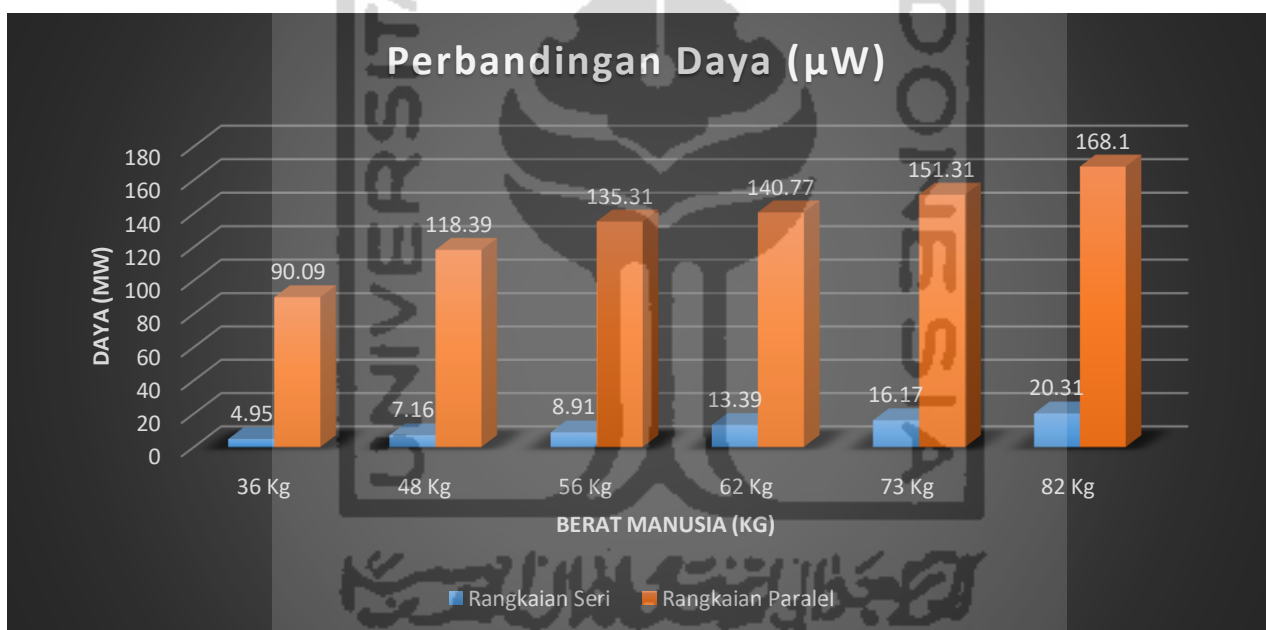


Gambar 4.2 Grafik Penambahan Daya Rangkaian Paralel Dengan Berat Benda

Grafik pada Gambar 4.2 menunjukkan penambahan daya yang cukup signifikan karena arus yang dihasilkan oleh rangkaian paralel relatif besar dari pada rangkaian seri, sehingga mengakibatkan daya yang dihasilkan juga lebih besar, penambahan dayanya rata-rata 10 % seiring dengan penambahan berat dengan interval 5 Kg. Dengan menggunakan berat dari benda (beras) tekanan yang diberikan pada prototipe lebih stabil dari pada menggunakan berat dari injakan kaki manusia, dapat dilihat dari penambahan daya yang dihasilkan, penambahan daya dengan menggunakan berat dari beras lebih stabil dan konsisten seiring dengan penambahan beban yang diberikan dari pada penambahan daya yang dihasilkan dari injakan kaki manusia.

4.2 Perbandingan Prototipe Rangkaian Seri dan Rangkaian Paralel

Berikut adalah grafik perbandingan daya yang dihasilkan dari prototipe rangkaian seri dan rangkaian paralel dengan menggunakan berat beban dari pijakan kaki manusia :



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Daya Rangkaian Seri dan Paralel

Dapat dilihat pada grafik Gambar 4.3 perbandingan keluaran daya yang dihasilkan dari prototipe rangkaian seri dan rangkaian paralel perbedaannya sangat signifikan. Terlihat keluaran daya yang dihasilkan pada rangkaian seri jauh lebih kecil dari pada keluaran daya yang dihasilkan pada rangkaian paralel. Hal ini dikarenakan keluaran arus yang dihasilkan oleh prototipe rangkaian paralel jauh lebih besar dari pada rangkaian seri. Sedangkan untuk tegangannya relatif sama tidak terlalu terdapat perbedaan yang signifikan. Ini yang mengakibatkan daya dari prototipe rangkaian paralel lebih besar, karena daya berbanding lurus dengan tegangan dan arus. Dari grafik keluaran rata-rata daya terbesar dari prototipe rangkaian paralel bisa mencapai 168,1 µW dengan berat 82

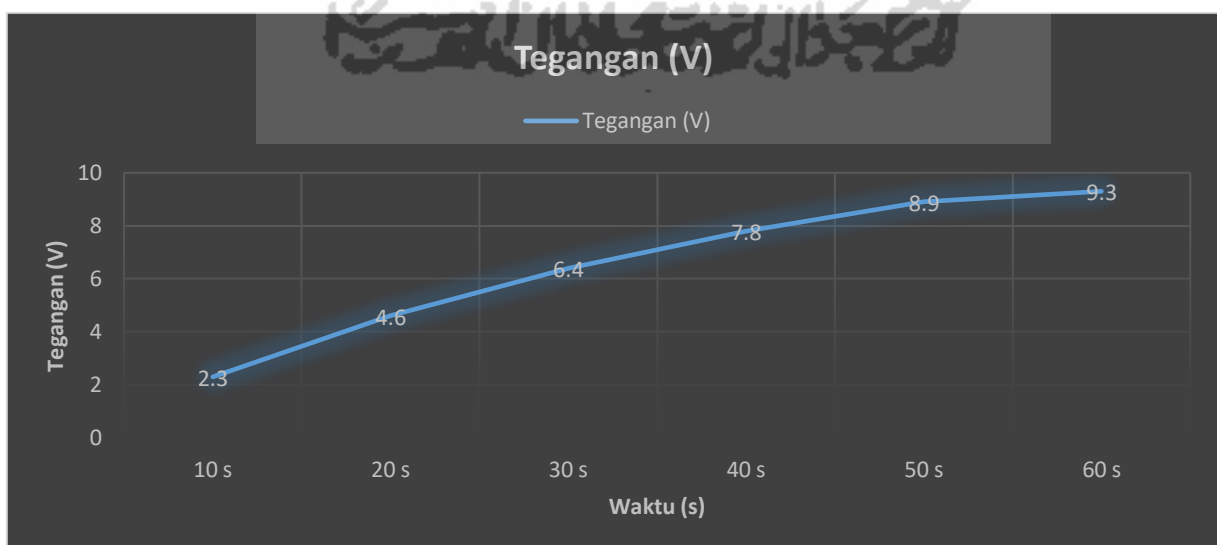
Kg, sedangkan pada prototipe rangkaian seri dengan berat 82 Kg hanya bisa menghasilkan daya terbesar yaitu 20,31 μ W. Ini juga memperlihatkan bahwa konfigurasi prototipe piezoelektrik rangkaian paralel jauh lebih efektif menghasilkan daya yang lebih besar dari pada konfigurasi prototipe piezoelektrik dari rangkaian seri.

4.3 Waktu Pengisian Tegangan Pada Kapasitor

Pada pengujian pengisian kapasitor ini dilakukan secara manual dengan menggunakan alat ukur multimeter digital yang dihubungkan secara paralel dengan kapasitor untuk mengukur tegangan yang bisa disimpan oleh kapasitor. Tegangan yang diukur selama 1 menit setelah prototipe diberi beban secara impuls atau konstan dengan berat beban adalah 62 Kg. Data tegangan yang disimpan oleh kapasitor diukur setiap per 10 detik. Kapasitas kapasitor yang digunakan adalah dengan kapasitas 100 μ F 16 V. Berikut adalah hasil dari pengujian pengisian kapasitor selama 1 menit diberi beban impuls dengan berat 62 Kg.

Tabel 4.5 Pengujian Waktu Pengisian Kapasitor

Waktu (S)	Tegangan (V)
10	2,3
20	4,6
30	6,4
40	7,8
50	8,9
60	9,3



Gambar 4.4 Grafik Waktu Pengisian Kapasitor

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa pengaruh pembebanan dengan penambahan kapasitor terhadap prototipe piezoelektrik rangkaian paralel bisa menghasilkan keluaran tegangan yang terus bertambah apabila diberi tekanan atau beban secara konstan atau terus-menerus. Semakin lama prototipe diberi tekanan impuls, maka semakin besar pula tegangan yang bisa disimpan pada kapasitor. Dapat dilihat dalam waktu 1 menit kapasitor bisa menyimpan tegangan sebesar 9,3 V. Dengan demikian dapat diperkirakan berapa jumlah muatan listrik yang tersimpan pada kapasitor dengan kapasitas 100 μ F dalam waktu 1 menit, dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q = C.V$$

$$Q = 100 \times 10^{-6} \cdot 9,3 = 9,3 \times 10^{-4} \text{ Coloumb}$$

Maka didapatkan dalam waktu 1 menit jumlah muatan listrik yang tersimpan pada kapasitor dengan kapasitas 100 μ F adalah sebesar $9,3 \times 10^{-4}$ Coloumb.

Biarapun tegangan terus mengalami penambahan selama diberi tekanan impuls tetapi interval penambahan tegangan terus mengalami penurunan setiap 10 detik sekali, dapat dilihat pada Tabel 4.5 penambahan terbesar terjadi pada 10 detik pertama yaitu penambahannya sebesar 2,3 V, di detik ke 20 penambahan tegangan masih konstan yaitu sebesar 2,3 V, di detik ke 30 terjadi penurunan interval dengan penambahan tegangan sebesar 1,8 V, di detik ke 40 penambahannya sebesar 1,4 V, di detik ke 50 sebesar 1,1 V, sedangkan didetik terakhir yaitu detik ke 60 hanya terjadi penambahan tegangan sebesar 0,4 V. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar energi yang disimpan dikapasitor maka waktu yang dibutuhkan untuk mengisi kapasitor semakin lama, bairpun tekanan yang diberikan tetap konstan.

4.4 Perkiraan Potensi Penerapan Piezoelektrik di Gedung FTI UII

Sudah banyak contoh penelitian pemanfaatan piezoelektrik sebagai sumber energi untuk diaplikasikan sebagai sumber energi listrik, contoh pengaplikasiannya seperti pada polisi tidur, pada sepatu, pada lantai, pada jalan raya dan juga pada anak tangga. Pada analisa kali ini peneliti mencoba memperkirakan untuk menghitung berapa besar potensi pemanfaatan piezoelektrik ini sebagai sumber energi listrik alternatif apabila diterapkan pada tangga-tangga yang terdapat digedung FTI UII bedasarkan hasil data pengujian prototipe pada sub bab 4.1.2.

Bedasarkan data hasil pengujian prototipe rangkain paralel dengan 12 piezoelektrik, maka didapatkan rata-rata daya yang dihasilkan sebagai berikut :

Tabel 4.6 Rata-Rata Daya Prototipe Rangkaian Paralel Dengan Pijakan Kaki Manusia

Berat (Kg)	Daya (μW)
36	90,09
48	118,39
56	135,31
62	140,77
73	151,31
82	168,10
Rata-rata: 60 Kg	Rata-Rata: 133,99 μW

Dapat dilihat pada Tabel 4.6 dengan mengasumsikan rata-rata berat manusia yang menginjak pembangkit piezoelektrik adalah 60 Kg maka akan didapatkan rata-rata keluaran dayanya adalah 133,99 μW . Dengan rata-rata daya tersebut maka dapat diperkirakan 1 piezoelektrik bisa menghasilkan daya sekitar 11,16 μW . Dengan nilai daya yang dihasilkan oleh 1 piezoelektrik tersebut, maka dapat dilakukan perhitungan atau perkiraan potensi daya keluaran yang akan dibangkitkan oleh pembangkit piezoelektrik dengan asumsi sebagai berikut:

- Jenis Piezo: Piezoelectric Element ukuran 35 mm.
- Kaki Karet: 19x16x7.2 mm Rubber feet pada sticky silicone shock absorber balck.
- Akrilik: tebal 5 mm.
- Asumsi Waktu Efisien Pembangkit Piezoelektrik diinjak: 5 Jam/hari.
- Ukuran alat pembangkit = 30 x 150 cm (Mengikuti ukuran anak tangga yang ada di FTI).

Dengan ukuran tersebut maka bisa diperkirakan piezoelektrik yang dapat dirangkai adalah berjumlah 108 buah piezoelektrik, maka didapatkan daya keluaran yang dihasilkan oleh pembangkit piezoelektrik adalah sebagai berikut :

$$P_{\text{pembangkitPiezo}} = \text{daya satu piezoelektrik} \times \text{jumlah piezoelektrik yang dirangkai}$$

$$P_{\text{pembangkitPiezo}} = 11,16 \mu\text{W} \times 108 = 1205,28 \mu\text{W} = 0,001 \text{ Watt/s} \text{ atau } = 3,6 \text{ Watt/jam.}$$

Jika asumsi efisien pembangkit piezoelektrik diinjak adalah 5 jam/hari, maka didapatkan daya keluaran nya adalah $3,6 \times 5 = 18 \text{ Watt/hari}$. Dengan ukuran pembangkit piezoelektrik 30 x 150 cm dengan jumlah piezoelektrik 108 buah, dan diasumsikan bahwa efisien waktu pembangkit piezoelektrik diinjak adalah 5 jam/hari bisa menghasilkan daya sebesar 18 Watt/hari, maka bisa didapatkan berapa jumlah langkah kaki manusia yang dibutuhkan untuk mendapatkan daya sebesar 18 Watt, dengan rumus:

$$\text{Jumlah langkah kaki} = \frac{\text{Asumsi daya yang didapatkan}}{\text{Daya per pijakan kaki}}$$

$$\text{Jumlah langkah kaki} = \frac{18 \text{ Watt/hari}}{0,001 \text{ Watt/s}} = 18.000 \text{ Langkah kaki}$$

Jadi dibutuhkan sekitar 18.000 langkah kaki atau pijakan kaki manusia untuk mendapatkan daya sebesar 18 Watt/hari.

Dengan daya yang dihasilkan oleh pembangkit piezoelektrik tersebut maka daya listrik yang dihasilkan oleh piezoelektrik selama setahun (226 hari, mengikuti kalender akademik 2019/2020) dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$E_{\text{PembangkitPiezo}} = n \times P_{\text{PembangkitPiezo}}$$

Dimana n adalah jumlah hari dalam setahun dan $P_{\text{PembangkitPiezo}}$ adalah 18 Watt

$$E_{\text{PembangkitPiezo}} = 226 \times 18 = 4.068 \text{ Watt} = 4,068 \text{ kWh.}$$

Jadi energi pertahun yang dihasilkan oleh pembangkit piezoelektrik adalah 4,068 kWh. Jika pemasangan pembangkit piezoelektrik pada gedung FTI diaplikasikan sebanyak 156 pembangkit (Mengikuti jumlah anak tangga yang ada di FTI), maka total energi yang dihasilkan pertahunnya adalah $4,068 \times 156 = 634,608 \text{ kWh}$, dengan biaya listrik per kWh adalah Rp 1.644,52, maka bisa diakumulasikan menjadi rupiah sebesar Rp 1.043.625,548. Jika gedung FTI diaplikasikan pembangkit piezoelektrik sesuai dengan yang sudah diasumsikan diatas, maka perkiraan biaya pengaplikasiannya yaitu sebesar Rp 170.133.600. Detail asumsi biaya pengaplikasiannya bisa dilihat pada Lampiran 4.

Jika didapatkan daya yang dihasilkan perhari adalah sebesar 18 Watt dan diaplikasikan sebanyak 156 pembangkit, maka didapatkan daya yang dihasilkan perhari adalah sebesar 2808 Watt perhari. Jika diperkirakan kapasitas daya 1 lampu di FTI adalah 30 Watt, maka pembangkit ini diperkirakan bisa menyuplai sekitar 93 buah lampu dengan daya 30 Watt. Dengan demikian pembangkit ini mempunyai peluang untuk dimanfaatkan dan bisa diaplikasikan untuk menyuplai penerangan lampu taman atau lampu parkir FTI UII. Untuk pemanfaatannya daya yang dihasilkan bisa disimpan terlebih dahulu pada suatu penyimpanan eksternal baik berupa baterai maupun super kapasitor, sebelum dimanfaatkan dan dihubungkan langsung ke beban penerangan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Penelitian ini telah berhasil membuat sebuah prototipe rangkaian seri dan rangkaian paralel yang mana menggunakan piezoelektrik sebagai bahan utama. prototipe ini mampu mengubah energi mekanik yang berasal dari pijakan kaki manusia dan juga beban benda (beras) menjadi energi listrik. Semakin besar beban atau tekanan yang diberikan maka semakin besar pula tegangan, arus dan daya yang dihasilkan.
2. Dibutuhkan sekitar 18.000 pijakan kaki atau langkah kaki manusia pada pembangkit piezoelektrik untuk mendapatkan daya sebesar 18 Watt/hari.
3. Dengan daya 18 Watt/hari, maka didapatkan energi tahunan yang dihasilkan adalah 4,068 kWh, jika diaplikasikan sebanyak 156 buah maka didapatkan energi sebesar 634,608 kWh, jika dirupiah kan menjadi Rp 1.043.625,548, dengan asumsi biaya pengaplikasiannya sebesar Rp 170.133.600
4. Dengan daya yang dihasilkan perhari adalah 2808 Watt, maka pembangkit ini diperkirakan bisa menyuplai lampu sebanyak 93 buah lampu dengan daya lampu 30 Watt.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut bagi mahasiswa yang ingin melanjutkan dan menyempurnakan, penulis memberikan saran antara lain :

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai perkiraan potensi pemanfaatan piezoelektrik di gedung FTI UII sebagai energi terbarukan agar didapat hasil energi listrik yang lebih optimal dengan pengambilan data yang dilakukan secara langsung dilapangan apabila kondisi perkuliahan sudah kembali normal.
2. Perlu adanya pengujian pengisian baterai secara langsung dilapangan menggunakan alat sehingga bisa didapatkan berapa daya yang bisa disimpan pada baterai secara real tidak hanya menggunakan asumsi.
3. Perlunya desain pembangkit listrik piezoelektrik skala kecil yang lebih simpel dan praktis dan bisa diterapkan pada tangga maupun pada lantai gedung.

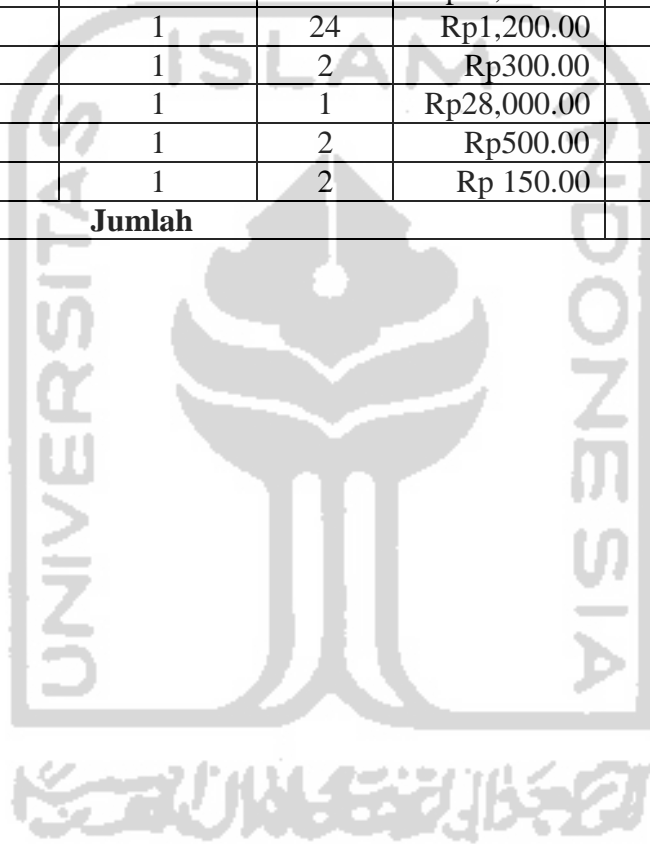
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Angga Ade Purnawan, "Dolar Energy (Double Generation Spring Stair And Solar Energy) : Inovasi Pemanfaatan Hybrid Energi Mekanik Anak Tangga dan Matahari Sebagai Listrik Alternarif pada Bangunan Bertingkat, *Karya Ilmiah*, "Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2019.
- [2] Liew Hui Fang, Syed Idris Syed Hassan, Rozemizi Bin Abd Rahim, Mohd Fareq Abd Malek, "A study of vibration energy harvester, *ARPJ Journal Of Engineering And Applied Sciences*, Universitas Malaysia Perlis, " Vol.x, No.x, 2015.
- [3] M. Bhusari *et al.*, "A Hybrid Piezoelectric-Solar Based Power Generation System, *Internationa Journal Of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, "vol. 4, no. 3, pp. 226–229, 2015.
- [4] M. Imbarothur Mowaviq, Andi Junaidi, dan Sugeng Ourwanto, "Lantai Permanen Energi Listrik Menggunakan Piezoelektrik," vol. 10, no. 2, pp. 112–118, 2018.
- [5] E. Diniardi, A. I. Ramadhan, N. H. Fithriyah, and E. Dermawan, "Analisis Daya Piezelektrik Model Hybrid Solar Cell-Piezoelektrik Skala Rendah," vol. 10, no. 2, pp. 139–146, 2018.
- [6] Bayu Margoleno, Zulkifli, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Getar Dengan Memanfaatkan Piezoelektrik, "Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT), Politeknik Negeri Bengkalis," pp. 107–112, 2018.
- [7] M. Chasrun Hasani, "Batre Piezoelektrik Solar Cell, *Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa*, Universitas Muhammadiyah Malang, "pp. 100–102, 2016.
- [8] V. Prasannabalaji, R. Rakesh, S. Sairam, and S. Mahesh, "Staircase Power Generation Using Piezo-Electric Transducers," vol. 3, no. 6, pp. 747–754, 2013.
- [9] Muhammad Anggi Pratama, "Perancangan Sumber Energi Pada Head Lamp Berbasis Piezoelektrik, S1 " Universitas Muhammadiyah Malang, 2019.
- [10] D. R. Putra, J. S. Oktoricoento, M. Mujirudin, H. Ramza, O. Heriyani, and A. Maddu, "Energi Alternatif Melalui Getaran Beban Mekanis, *Seminar Nasional Teknoka*, "vol. 3, no. 2502, pp. 8–17, 2018.
- [11] R. M. Ratih, M. I. Yasyak, H. Nugroha, and U. Fadlilah, "Powerbank Piezoelektrik Menggunakan Tekanan Tangan," vol. 20, no. 01, pp. 55–59, 2020.
- [12] Aidil Akmal Madia, Prototipe Alat Penghasil Listrik Dari Tekanan Mekanik Berbasis Piezoelektrik, S1, " Universitas Hasanudin 2017.

LAMPIRAN

Lampiran 1 – Rincian Biaya Skripsi

No	Rincian	Frekuensi (Kali)	Volume (Unit)	Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (3) × (4) × (5)
1	Piezoelektrik	1	24	Rp4,500.00	Rp108,000.00
2	Akrilik	1	2	Rp35,000.00	Rp70,000.00
3	Project Board	1	2	Rp15,000.00	Rp30,000.00
4	Styrofoam Gabus	1	4	Rp 8.000,00	Rp32.000,00
5	Dioda Retifier	1	8	Rp500.00	Rp4,000.00
6	Kebel Jumper	1	1	Rp90,000.00	Rp90,000.00
7	Kaki Karet	1	24	Rp1,200.00	Rp28,800.00
8	Led	1	2	Rp300.00	Rp600.00
9	Timah Solder	1	1	Rp28,000.00	Rp28,000.00
10	Kapasitor	1	2	Rp500.00	Rp1,000.00
11	Resistor	1	2	Rp 150.00	Rp 300.00
Jumlah					Rp392,700.00



Lampiran 2 - Hasil Pengujian Rangkaian Seri Dengan 13 Kali Injakan Kaki Manusia



Berat (Kg)												
Injakan ke	36 Kg		48 Kg		56 Kg		62 Kg		73 Kg		82 Kg	
	(V)	(μ A)	(V)	(μ A)	(V)	(μ A)	(V)	(μ A)	(V)	(μ A)	(V)	(μ A)
1	1	5	1,2	6	1,2	8	1,40	10	1,39	7	1,71	9
2	1,01	5	1,25	5	1,2	8	1,29	11	1,52	12	1,62	13
3	1,01	6	1,1	6	1,25	7	1,35	9	1,50	9	1,64	13
4	1,03	5	1,15	5	1,3	8	1,37	8	1,52	10	1,60	10
5	1,01	4	1,2	7	1,3	7	1,33	11	1,35	12	1,62	14
6	1,02	4	1,1	5	1,27	6	1,15	9	1,55	10	1,60	12
7	1	4	1,26	5	1,28	7	1,10	9	1,49	9	1,61	11
8	1,05	5	1,25	6	1,28	7	1,41	10	1,33	11	1,59	17
9	1	5	1,22	6	1,29	6	1,42	9	1,46	13	1,65	16
10	1,02	6	1,18	7	1,27	8	1,4	10	1,53	12	1,66	12
11	1,03	4	1,23	6	1,3	7	1,42	12	1,55	11	1,60	11
12	1	6	1,2	8	1,26	7	1,41	11	1,50	14	1,63	11
13	1,01	5	1,1	7	1,3	6	1,40	12	1,54	13	1,68	13


Lampiran 3 – Hasil Pengujian Rangkaian Paralel Dengan 13 Kali Injakan Kaki Manusia

Berat (Kg)												
Pijakan Kaki Ke	36 Kg		48 Kg		56 Kg		62 Kg		72 Kg		82 Kg	
	(V)	(μ A)	(V)	(μ A)	(V)	(μ A)	(V)	(μ A)	(V)	(μ A)	(V)	(μ A)
1	1,40	70	1,51	80	1,65	85	1,69	86	1,71	97	1,76	105
2	1,36	69	1,50	81	1,63	80	1,64	91	1,68	93	1,75	90
3	1,37	71	1,53	78	1,68	82	1,65	90	1,68	87	1,73	98
4	1,38	68	1,52	75	1,63	85	1,70	80	1,64	89	1,76	100
5	1,41	64	1,52	71	1,62	81	1,63	90	1,65	92	1,76	95
6	1,35	67	1,54	75	1,62	84	1,63	85	1,67	90	1,76	98
7	1,37	67	1,52	72	1,65	85	1,60	87	1,72	91	1,75	89
8	1,36	65	1,51	70	1,62	81	1,67	80	1,69	88	1,69	90
9	1,36	62	1,50	71	1,59	87	1,65	89	1,65	95	1,75	95
10	1,38	60	1,58	75	1,58	82	1,62	89	1,65	89	1,75	98
11	1,38	66	1,52	72	1,60	83	1,64	80	1,70	89	1,76	99
12	1,37	65	1,50	77	1,63	89	1,64	87	1,66	88	1,72	101
13	1,35	61	1,51	71	1,62	82	1,63	82	1,69	90	1,73	98

UNIVERSITAS ISLAM
KINGDOM

Lampiran 4 – Asumsi Harga Pengaplikasian Pembangkit Piezoelektrik


Call for support: 0898 505 7070 | cs@jogjarobotika.com | Term Of Use | How to Order |  | 

JOGJA ROBOTIKA | Cari | | Hi, Raja Hendry |  Troli Rp. 15.500

Home > Komponen > Buzzer, Speaker, Piezzo > Piezoelectric Element 35 MM



CATEGORIES

- PRODUK BARU
- GAWEAN JOGJA GROUP
- BUKU
- MARCHANDISE JOGIAROBOTIKA
- ADAPTOR, BATERE & CHARGER +
- DISPLAYS +
- DEVELOPMENT BOARDS +
- FUNCTIONAL MODULE ELECTRONIC +
- KABEL +



Piezoelectric Element 35 MM


Model P224B852
Condition Baru
Stock: 357 item
Rp. 4.500

Quantity:  

[BELI SEKARANG](#)

[Tweet](#) | [CETAK](#) | [BAGIKAN DI FACEBOOK](#)


Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

JOGJA ROBOTIKA | Cari | | Hi, Raja Hendry |  Troli (kosong)

Home > Tool / Peralatan > Box Instrument, Kaki Box > Kaki Karet 19x16x7.2mm Rubber Feet Pads Sticky Silicone Shock Absorber Black



CATEGORIES

- PRODUK BARU
- GAWEAN JOGJA GROUP
- BUKU
- MARCHANDISE JOGIAROBOTIKA
- ADAPTOR, BATERE & CHARGER +
- DISPLAYS +
- DEVELOPMENT BOARDS +
- FUNCTIONAL MODULE ELECTRONIC +
- KABEL +
- KOMPONEN & PART +



KAKI KARET 19X16X7.2MM
RUBBER FEET PADS STICKY
SILICONE SHOCK ABSORBER
BLACK

Model T234GD
Condition Baru
Stock: 689 item
Rp. 1.200

Quantity:  

[BELI SEKARANG](#)

[Tweet](#) | [CETAK](#) | [BAGIKAN DI FACEBOOK](#)

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.



Natz

Kota Bogor

Acrylic / Akrilik Lembaran Bening 5MM x 1.2M x 2.4M HIGH QUALITY

HARGA **Rp 950.000**

0 Wishlist

Beli

Tambah ke Keranjang

Asumsi Rincian Biaya Pengaplikasian

No	Rincian	Frekuensi (Kali)	Volume (Unit)	Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (3) × (4) × (5)
1	Piezoelektrik	1	16.848	Rp4,500,00	Rp75.816.000,00
2	Akrilik	1	78	Rp950.000,00	Rp74.100.000,00
3	Kaki Karet	1	16.848	Rp1.200,00	Rp20.217.600,00
Jumlah					Rp170.133.600,00

Lampiran 5 – Kalender Akademik 2019/2020



CALENDER AKADEMIK PROGRAM DIPLOMA DAN SARJANA 2019/2020

SEMESTER GANJIL 1 September 2019- 29 Februari 2020							SEMESTER GENAP 1 Maret 2020-31 Agustus 2020						
SENIN	SELASA	RABU	KAMIS	JUMAT	SABTU	AHAD	SENIN	SELASA	RABU	KAMIS	JUMAT	SABTU	AHAD
AGUSTUS 2019							MARET 2020						
5	6	7	1	2	3	4	2	3	4	5	6	7	1
12	13	14	8	9	10	11	9	10	11	12	13	14	8
19	20	21	15	16	17	18	16	17	18	19	20	21	22
26	27	28	22	23	24	25	23	24	25	26	27	28	29
11 Agustus 2019: Iduladha 1440 H 14-16 Agustus 2019: Personalia Taraf Universitas (Mahasiswa Baru 2019)							17 Agustus 2019: Hari Kemerdekaan RI						
SEPTEMBER 2019							APRIL 2020						
2	3	4	5	6	7	1	30	31	1	2	3	4	5
9	10	11	12	13	14	8	6	7	8	9	10	11	12
16	17	18	19	20	21	22	13	14	15	16	17	18	19
23	24	25	26	27	28	29	20	21	22	23	24	25	26
1 September 2019: Tahun Baru 1441 H							22 Maret 2020: Isra Mikraj 25 Maret 2020: Nyepi						
OCTOBER 2019							MEI 2020						
30	1	2	3	4	5	6	4	5	6	7	8	9	10
7	8	9	10	11	12	13	11	12	13	14	15	16	17
14	15	16	17	18	19	20	18	19	20	21	22	23	24
21	22	23	24	25	26	27	25	26	27	28	29	30	31
28	29	30	31				1 Mei 2020: Hari Buruh Internasional 7 Mei 2020: Waisak						
22-23 Oktober 2019: AWI FE & FTSP 24-25 Oktober 2019: AWI RAI & FTI							23 Mei 2020: Kematian Yesus Kristus 24-25 Mei 2020: Idulfitri 1441 H						
NOVEMBER 2019							JUNI 2020						
4	5	6	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	14
11	12	13	14	15	16	17	15	16	17	18	19	20	21
18	19	20	21	22	23	24	22	23	24	25	26	27	28
25	26	27	28	29	30		29	30					
9 November 2019: Maulid Nabi Muhammad saw.							1 Juni 2020: Hari Raya Puncasila						
DESEMBER 2019							JULI 2020						
2	3	4	5	6	7	1	6	7	8	9	10	11	12
9	10	11	12	13	14	15	13	14	15	16	17	18	19
16	17	18	19	20	21	22	20	21	22	23	24	25	26
23	24	25	26	27	28	29	27	28	29	30	31		
24-25 Desember 2019: Cuti Bersama & Libur Natal							30 Juli 2020: Perkiraan Libur Paasa Anafah 31 Juli 2020: Iduladha 1441 H						
JANUARI 2020							AGUSTUS 2020						
30	31	1	2	3	4	5	3	4	5	6	7	8	9
6	7	8	9	10	11	12	10	11	12	13	14	15	16
13	14	15	16	17	18	19	17	18	19	20	21	22	23
20	21	22	23	24	25	26	24	25	26	27	28	29	30
27	28	29	30	31			12-14 Agustus 2020: Personalia Taraf Universitas (Mahasiswa Baru 2020) 17 Agustus 2020: Hari Kemerdekaan RI						
1 Januari 2020: Tahun Baru 2020 M 25 Januari 2020: Tahun Baru Imlek 2571 Kongzhi							20 Agustus 2020: Tahun Baru 1442 H						
FEBRUARI 2020							SEPTEMBER 2020						
3	4	5	6	7	8	1	31	1	2	3	4	5	6
10	11	12	13	14	15	16	7	8	9	10	11	12	13
17	18	19	20	21	22	23	14	15	16	17	18	19	20
24	25	26	27	28	29		21	22	23	24	25	26	27
							28	29	30				

Kuliah Perdana Mahasiswa Baru
Masa Perkuliahan
Batas Penyerahan Nilai
Remediasi

Key-in & Revisi RAS
UTS/UAS
Wisuda
Libur

SPP SEMESTER GANJIL Pembayaran SPP Angsuran I: 15 Juli-20 Agustus 2019 Pembayaran SPP Angsuran II: 16 September-17 Oktober 2019	AKTIF/CUTI Pengajuan Aktif: 1-20 Agustus 2019 Pengajuan Cuti: 1-29 Agustus 2019	SPP SEMESTER GENAP Pembayaran SPP Angsuran III: 2 Januari-10 Februari 2020 Pembayaran SPP Angsuran IV: 2 Maret-14 April 2020	AKTIF/CUTI Pengajuan Aktif: 20 Januari-5 Februari 2020 Pengajuan Cuti: 20 Januari-20 Februari 2020
KKN ANGKATAN 60 Pendaftaran Online: 4-18 September 2019 Pembayaran: 3-12 Oktober 2019 Key-in: 10-17 Februari 2020 Pelaksanaan: 21 Januari-21 Februari 2020	KKN ANGKATAN 61 Pendaftaran Online: 1-13 Februari 2020 Pembayaran: 2-13 Maret 2020 Key-in: 19-27 Agustus 2020 Pelaksanaan: 28 Juli-28 Agustus 2020	PNDI: 19-29 Agustus 2019 Pesantrenisasi Tahap 1: 25 Agustus-30 November 2019 (PNDI II, PKD I dan PPD) Catatan: Pembagian jadwal per fakultas bisa dikonfirmasi ke DPPAI	

uui.ac.id



JADWAL KEY-IN RAS 2019/2020 PROGRAM DIPLOMA DAN SARJANA