

Rancang Bangun Prototipe Pemanen Energi Getaran Pada Tangga Menggunakan Transduser Piezoelektrik

1st Bintang Nur Fajri
Direktorat Kampus Purwokerto
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
bntngfajri@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Yulian Zetta Maulana
Direktorat Kampus Purwokerto
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
yulianm@telkomuniversity.ac.id

3rd Fikra Titan Syifa
Direktorat Kampus Purwokerto
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
fikras@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pertambahan jumlah populasi penduduk, pertumbuhan ekonomi dan teknologi di Indonesia sedang gencar-gencarnya. Berbagai kalangan dari anak kecil, remaja hingga orang dewasa saat ini tidak lepas dengan yang namanya penggunaan barang elektronik yang mengkonsumsi listrik. Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang terbatas memicu perlunya solusi energi alternatif. Energi mekanik dari langkah kaki manusia yang sering terbuang, dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya baru. Oleh karena itu, diperlukanlah suatu model rancang bangun prototipe pemanen energi getaran menggunakan transduser piezoelektrik. Transduser piezoelektrik mengubah energi getaran menjadi listrik. Prototipe ini menggunakan transduser piezoelektrik yang dirangkai paralel untuk mengoptimalkan output energi. Energi mekanik dari pijakan kaki diubah menjadi listrik AC, lalu disearahkan menggunakan dioda bridge dan distabilkan dengan kapasitor untuk menghasilkan tegangan DC yang stabil. Sistem diuji dengan variasi massa dan frekuensi tekanan untuk mengukur kinerja. Sistem menghasilkan tegangan antara 1V hingga 6V DC, tergantung pada beban tekanan. Hasil menunjukkan bahwa prototipe ini cocok untuk perangkat elektronik berdaya rendah dan memiliki potensi besar untuk diterapkan di fasilitas publik.

Kata kunci— Energi Terbarukan, Piezoelektrik, Pemanen Energi

I. PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah populasi penduduk, pertumbuhan ekonomi dan teknologi di Indonesia sedang gencar-gencarnya. Berbagai kalangan dari anak kecil, remaja hingga orang dewasa saat ini tidak lepas dengan yang namanya penggunaan barang elektronik yang mengkonsumsi energi listrik. Hal tersebut mengakibatkan penggunaan energi listrik yang berlebihan. Sehingga listrik akan menjadi langka.

Untuk mengatasi masalah ini, dikembangkan alat pemanen energi getaran pada tangga. Alat ini dapat memanen energi getaran pada tangga kemudian diubah menjadi listrik. Keunggulan teknologi ini terletak pada energi yang tidak dapat habis dan ramah lingkungan. Alat ini juga dapat menyimpan hasil konversi listrik kedalam sebuah baterai untuk dipakai nantinya.

Penelitian ini berfokus pada pengumpulan energi getaran menggunakan transduser piezoelektrik yang dapat mengubah energi getaran menjadi listrik. Prinsip kerjanya adalah dengan memberikan getaran atau tekanan kepada panel piezoelektrik sehingga getaran tersebut dapat dikonversikan menjadi listrik dan dikumpulkan pada sebuah baterai.

II. KAJIAN TEORRI

A. Pemanen Energi

Energi adalah kapasitas untuk melakukan pekerjaan. Usaha didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada suatu benda untuk mengubah posisi atau lokasinya. Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, energi hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Oleh karena itu, energi dapat diubah dari satu bentuk energi ke bentuk energi lainnya. Dalam Sistem Satuan Internasional (SI), satuan energi adalah joule (J), satuan lainnya termasuk kalori, erg, dan kWh (kilowatt jam). Mengenai piezoelektrik, terdapat peristiwa di mana energi mekanik diubah menjadi energi listrik [1].

Energi terbarukan adalah energi yang terus diperbarui dan tidak habis dalam jangka waktu lama. Diantara berbagai jenis energi terbarukan yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik adalah bahan piezoelektrik. Listrik sekarang sangat penting untuk kebutuhan masyarakat, baik domestik maupun industri. Meskipun ada keinginan untuk persediaan energi yang tidak terbatas, sumber daya alam sangat terbatas. Hal ini menimbulkan masalah global bagi produksi energi masa depan karena menguras sumber daya alam dan berdampak negatif terhadap lingkungan [2].

B. Dioda

Dioda merupakan komponen elektronik yang hanya mengalirkan arus dalam satu arah, sehingga dioda disebut juga “penyearah” dan terbuat dari bahan semikonduktor silikon dan germanium. Dioda terdiri dari kombinasi dua jenis semikonduktor, tipe P (positif) dan tipe N (negatif). Pin dioda yang dihubungkan ke semikonduktor tipe-P disebut “anoda”, sedangkan pin yang dihubungkan ke semikonduktor tipe-N disebut “katoda”. Disebut “katoda”. Dalam bentuk

aslinya, dioda memiliki cincin pada salah satu sisinya, yang digunakan untuk menunjukkan bahwa sisi yang memiliki cincin tersebut adalah kaki katoda. Arus mengalir dengan mudah dari anoda ke katoda, yang disebut "bias maju", tetapi jika mengalir dalam arah yang berlawanan, dari katoda ke anoda, arus diblokir atau diblokir, yang disebut "bias maju". Bias Terbalik" [3].

C. Kapasitor

Biasanya, kapasitor digunakan untuk menyimpan sementara dan mentransfer muatan ke komponen atau sirkuit berikutnya. Saat ini, Anda dapat menggunakan kapasitor sesuai dengan kebutuhan rangkaian Anda karena Anda dapat dengan mudah menemukan kapasitor dalam berbagai jenis, bentuk, dan ukuran di pasaran, seperti: Misalnya, kapasitor tegangan tinggi, kapasitor 400 V, kapasitor 5 μF , kapasitor 100 nF, kapasitor 10 μF , dan sebagainya. Kapasitor memiliki dua kaki yang fungsinya untuk mengumpulkan energi listrik. Ketika tegangan diberikan pada kedua pelat, muatan positif akan terkumpul pada salah satu kaki logam (elektroda) dan pada saat yang sama muatan negatif akan terkumpul padanya. Kumpulan di ujung logam lainnya. Berikut adalah diagram jenis kapasitor [4].

Kapasitor adalah komponen elektronik yang menyimpan muatan listrik dan terdiri dari dua konduktor yang dipisahkan oleh isolator (dielektrik). Setiap konduktor disebut pelat. Kapasitor, juga dikenal sebagai kondensor, adalah alat atau komponen listrik yang dirancang untuk menyimpan muatan listrik sementara. Kapasitor terdiri dari dua konduktor (pelat logam) yang dipisahkan oleh bahan isolasi. Isolator ini sering disebut dielektrik (bahan dielektrik). Kapasitor dapat berfungsi sebagai generator dan menghasilkan daya reaktif [5]. Adapun besar energi yang disimpan kapasitor dapat dihitung dengan:

$$E = \frac{1}{2} CV^2 \quad (1)$$

Untuk mencari E_{tap} (energi dalam setiap pijakan) dapat dihitung menggunakan perubahan energi dengan rumus:[6]

$$E_{\text{tap}} = \frac{1}{2} CV_1^2 - V_0^2 \quad (2)$$

D. Piezoelektrik

Piezoelektrik adalah bahan yang dapat menghasilkan energi listrik ketika tekanan mekanis dan tegangan diterapkan, dan sebaliknya. Ketika energi listrik melewati material, bentuk material piezoelektrik berubah berupa peningkatan atau penurunan pita [7]. Piezoelektrik adalah kemampuan kristal untuk menghasilkan arus listrik ketika tekanan diberikan. Efek piezoelektrik memungkinkan konversi energi mekanik menjadi energi listrik. Proses konversi energi ini memerlukan bahan yang disebut piezoelektrik [8].

E. Penyearah Gelombang

Rangkaian penyearah adalah rangkaian yang mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Karena terdapat tegangan AC pada masukan catu daya, tegangan tersebut diperbaiki oleh dioda untuk menghasilkan tegangan DC. Penyearah arus bolak-balik dengan penyearah fasa tunggal gelombang penuh tak terkendali menggunakan empat dioda dalam rangkaian jembatan dioda [9].

Penyearah gelombang penuh menyearahkan gelombang sinus AC sesuai dengan prinsip siklus penuh. Meluruskan gelombang sinus AC ke DC menghasilkan gelombang. Riak

gelombang dapat diatasi dengan menggunakan komponen penyearah dioda dan kapasitor sebagai filter. Untuk mengurangi riak pada bentuk gelombang keluaran, penyearah gelombang penuh dengan kontrol arus konverter AC/DC piezoelektrik fase tunggal [10].

F. Baterai

Baterai adalah satu atau lebih sel elektrokimia yang terhubung secara elektrik yang memiliki terminal / kontak untuk memasok energi listrik. Baterai menghasilkan energi listrik melalui proses reaksi kimia. Secondary battery adalah baterai dengan satu sel atau kumpulan dari beberapa sel yang dapat membangkitkan energi listrik, di mana energi listrik dapat dikembalikan ke kondisi bermuatan aslinya setelah energi listrik pada baterai habis dengan arus listrik yang mengalir ke arah yang berlawanan. Istilah lain untuk baterai jenis ini adalah baterai isi ulang. Karena baterai sekunder biasanya dirakit dalam kondisi kosong, baterai tersebut harus diisi terlebih dahulu sebelum dapat digunakan.

Baterai Li-ion banyak digunakan dikarenakan memiliki beberapa keunggulan, seperti siklus hidup yang panjang, kepadatan daya yang tinggi, dan sifat self-discharge rendah. Ada beberapa hal yang menjadi kendala pada baterai Li-ion ini seperti ketersediaan bahan mentah, masalah keamanan, dan kapasitas penyimpanan energi yang terbatas [11].

G. Frekuensi

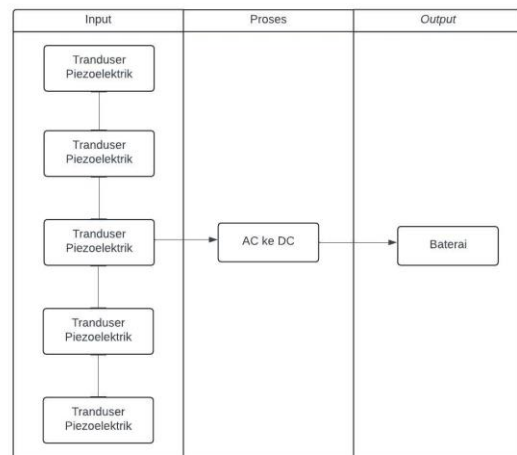
Frekuensi adalah jumlah getaran yang terjadi per detik dan diukur dalam satuan Hertz. Periode adalah kebalikan dari frekuensi dan merupakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu osilasi, biasanya dinyatakan sebagai t dalam detik [12].

$$f = \frac{1}{T} \quad (3)$$

III. METODE

A. Perancangan Sistem

Perancangan sistem difokuskan membahas mengenai blok diagram dan gambar desain *prototype* berupa desain lantai dan juga desain rangkaian transduser piezoelektrik yang digunakan serta penjelasan alat "Rancang Bangun Prototipe Pemanen Energi Getaran pada Tangga Menggunakan *Tranducer Piezoelectric*" penjelasan mengenai blok diagram sebagai berikut:

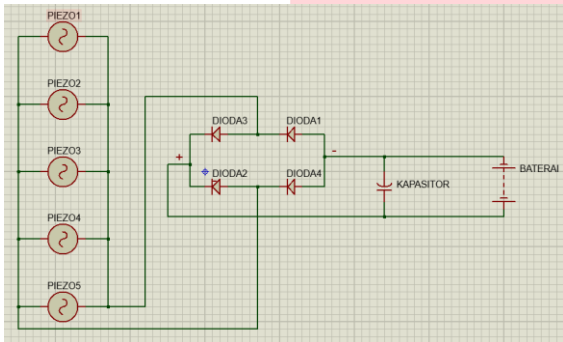


GAMBAR 1
Blok Diagram Sistem

B. Desain Skematik Elektronik

Pada rangkaian skematik elektronik sistem pemanen energi getaran pada tangga menggunakan transducer piezoelektrik ini menggunakan transducer piezoelektrik sebagai sumber tegangan yang berjenis AC. Kemudian memasuki sistem penyearah gelombang menggunakan empat buah dioda dengan sistem bridge sehingga keluaran yang sudah disearahkan akan memiliki tegangan/ arus positif dan tegangan/ arus negatif.

Kapasitor elco digunakan untuk memfilter hasil yang telah disearahkan agar lebih stabil dan bagus hasilnya. Selain itu juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara sehingga energi yang dihasilkan dapat diketahui. Kemudian akan dipanen atau disimpan kedalam baterai sehingga energi dapat digunakan untuk elektronik lainnya yang mempunyai daya rendah.



GAMBAR 2

Rangkaian Skematik Elektronik

C. Pengujian Transducer Piezoelektrik

Menguji apakah rangkaian penyearah gelombang yang penulis buat dapat bekerja dengan baik atau terdapat kesalahan. Jika terdapat kesalahan maka arus ataupun tegangan yang keluar bukanlah berjenis DC. Sehingga metode pengujian ini diperlukan agar tidak terdapat kesalahan dalam pengambilan data terhadap *output* tegangan dan juga arus yang akan dimasukkan kedalam tabel pengujian lantai pemanen energi.

D. Pengujian Frekuensi Tekanan Terhadap Tegangan

Pengujian ini dilakukan dengan menekan sebuah transducer piezoelektrik kemudian hasil keluaran listrik akan diukur menggunakan osiloskop. Hasil pengukuran menggunakan osiloskop akan berbentuk gelombang sinus dikarekan *output* dari transducer ini merupakan tegangan AC. Tegangan AC ini akan memiliki sebuah frekuensi.

E. Pengujian Perbandingan Massa Beban Terhadap Tegangan

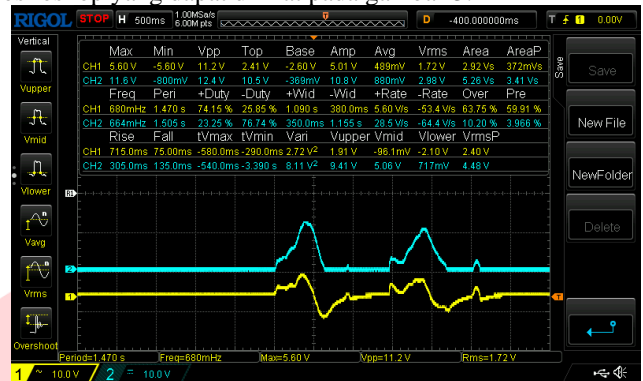
Pengujian ini berfokus terhadap massa beban yang diberikan kepada transducer kemudian hasil keluaran yang dihasilkan oleh transducer piezoelektrik. Dikarenakan setiap massa beban yang berbeda akan menghasilkan hasil keluaran tegangan yang berbeda. Sehingga penulis akan melakukan pengujian ini agar jika transducer mengalami kerusakan dapat diperbaiki terlebih dahulu. Massa beban yang digunakan adalah 55Kg, 65Kg, dan 75Kg.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Frekuensi Tekanan Terhadap Tegangan

Pada pengujian frekuensi merupakan pengujian selanjutnya setelah memastikan bahwa transducer piezoelektrik yang dirangkai tidak mengalami masalah.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan tiga massa badan manusia yang berbeda yaitu 55Kg, 65Kg, 75Kg. Dengan menginjak panel transducer piezoelektrik sebanyak dua kali yang ditaruh pada balok sehingga membuat kesan seperti sedang menaiki tangga. Setelah panel transducer piezoelektrik ditekan dua kali gelombang muncul pada layar osiloskop yang dapat dilihat pada gambar 3.



GAMBAR 3

Hasil Pengukuran Menggunakan Osiloskop

Gelombang akan muncul ketika panel diberikan penekanan. Pada gambar 3 merupakan percobaan dengan menggunakan massa badan manusia yaitu 55Kg. Gelombang yang berwarna kuning merupakan gelombang input dari panel transducer piezoelektrik. Menghasilkan periode 1.47 s dengan time/div yang digunakan saat melakukan pengujian yaitu 500ms.

Frekuensi yang didapatkan sebesar 0.680 Hz atau jika satuannya diubah menjadi 680 mHz. Dengan frekuensi tekanan yang didapatkan tegangan listrik yang didapatkan dari panel piezoelektrik adalah sebesar 1.72 V. Pengujian ini dilakukan sebanyak 5 kali sehingga hasil data pengujian dapat dilihat pada tabel 1.

TABEL 1

Hasil Pengujian Massa Tubuh 55Kg

Periode (s)	Frekuensi (Hz)	Vpp (V _{AC})	Vp (V _{AC})	Vrms (V _{AC})
1.47	0.680	11.2	5.6	1.72
1.57	0.637	10	4.8	1.74
1.81	0.552	12.8	5.6	1.78
1.66	0.602	12	5.6	1.78
1.36	0.735	9.6	5.2	1.84

Data pengujian dengan massa badan 55Kg mendapatkan tegangan paling besar dengan frekuensi 0.735 Hz dengan tegangan yang dihasilkan sebesar 1.84 V. Tegangan ini bersifat sementara dan tidak terus menerus hanya jika panel transducer piezoelektrik diberikan tekanan saja. Tegangan yang keluar merupakan jenis listrik bolak balik (AC). Ketika dilakukan pengujian listrik ini tidak stabil sehingga ketika diberikan tekanan tegangan akan naik namun setelah itu akan turun kembali seperti pada keadaan awal. Kemudian pengujian dilakukan juga terhadap massa berat tubuh manusia 65Kg. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel 2.

TABEL 2
Hasil Pengujian Massa Tubuh 65Kg

Periode (s)	Frekuensi (Hz)	Vpp (V _{AC})	Vp (V _{AC})	Vrms (V _{AC})
1.88	0.532	15.2	10	2.38
1.7	0.588	15.6	10.8	2.59
2	0.497	14.8	10	2.27
1.8	0.555	12.4	8	2.13
1.88	0.532	16.4	11.2	2.45

Data pengujian dengan massa tubuh 65Kg mendapatkan tegangan paling besar dengan frekuensi 0.588 Hz dengan tegangan yang dihasilkan sebesar 2.59 V. Untuk mencari Vrms dapat dilakukan dengan membagi dua Vpp kemudian hasilnya dibagi dengan akar 2 sehingga didapatkan besar Vrms nya yang mana merupakan tegangan yang dikeluarkan oleh panel transduser piezoelektrik. Jika dirata ratakan tegangan yang didapatkan dengan massa berat badan 65Kg adalah sebesar 2.364 V dengan jenis listrik bolak balik atau AC. Listrik ini pun hanya muncul ketika panel transduser piezoelektrik diberikan tekanan, jika panel tidak diberikan tekanan berulang maka listrik akan langsung turun. Saat pengujian waktu yang digunakan untuk merekam gelombang sebesar 500ms. Selanjutnya pengujian juga dilakukan terhadap massa berat tubuh 75Kg, hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3.

TABEL 3
Hasil Pengujian Massa Tubuh 75Kg

Periode (s)	Frekuensi (Hz)	Vpp (V _{AC})	Vp (V _{AC})	Vrms (V _{AC})
1.58	0.633	20.8	14.4	3
1.63	0.613	18.8	12.4	2.8
1.69	0.592	22	14	2.86
1.36	0.735	21.6	13.2	3
1.53	0.653	24.4	14	2.99

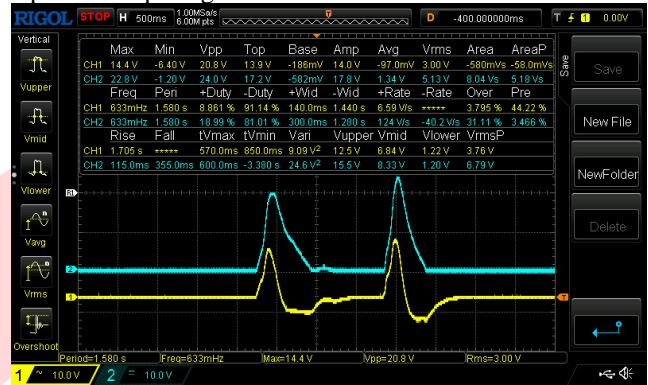
Data pengujian dengan massa tubuh 75Kg mendapatkan tegangan paling besar dengan frekuensi 0.735 Hz dan 0.633 Hz dengan tegangan yang dihasilkan sebesar 3 V. Untuk mencari Vrms dapat dilakukan dengan membagi dua Vpp kemudian hasilnya dibagi dengan akar 2 sehingga didapatkan besar Vrms nya yang mana merupakan tegangan yang dikeluarkan oleh panel transduser piezoelektrik. Jika dirata ratakan tegangan yang didapatkan dengan massa berat badan 75Kg adalah sebesar 2.93 V dengan jenis listrik bolak balik atau AC. Listrik ini pun hanya muncul ketika panel transduser piezoelektrik diberikan tekanan, jika panel tidak diberikan tekanan berulang maka listrik akan langsung turun. Saat pengujian waktu yang digunakan untuk merekam gelombang adalah 500ms.

B. Pengujian Massa Tubuh Manusia Terhadap Tegangan Output

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 3 massa yang berbeda dengan massa 55Kg, 65Kg dan 75 Kg. Tegangan output yang dimaksud pada pengujian ini merupakan tegangan yang berasal dari panel piezoelektrik yang sudah disearahkan atau sudah dirubah menjadi listrik searah dengan menggunakan dioda bridge. Dioda bridge dibuat menggunakan 4 buah dioda yang akan berfungsi sebagai penyearah. Sehingga listrik akan berubah dari AC

menjadi DC. Pengujian ini juga membandingkan besar tegangan output yang dihasilkan dari 3 massa yang berbeda.

Pengujian akan diukur dengan alat ukur yaitu osiloskop sehingga gelombang yang dihasilkan oleh piezoelektrik akan terlihat dan juga gelombang input (kuning) merupakan hasil tegangan keluar dari panel piezoelektrik sedangkan gelombang output (biru) merupakan hasil tegangan keluar dari panel piezoelektrik yang sudah disearahkan atau dirubah ke DC. Sehingga tegangan output akan berupa listrik searah (DC). Gambar hasil pengujian mengukur dengan osiloskop dapat dilihat pada gambar 4.



GAMBAR 4

Hasil Pengukuran Massa 75Kg

Pengujian pada gambar 4.6 merupakan salah satu hasil pengukuran dengan menggunakan massa tubuh 75 Kg. Dimana pengujian ini dilakukan bersamaan dengan pengujian frekuensi. Menggunakan dua buah input pada osiloskop dengan gelombang biru sebagai tegangan output yang telah disearahkan. Sehingga bentuk gelombangnya pun berubah. Dibandingkan dengan gelombang input dari panel transduser piezoelektrik, gelombang yang sudah disearahkan menjadi DC berbeda. Gelombang biru tidak memiliki sebuah lembah (gelombang siklus negatif) tidak seperti gelombang pada tegangan AC. Pengujian ini dilakukan sebanyak 5 kali agar mendapatkan data atau hasil yang stabil. Pengujian dengan menggunakan massa tubuh 55 Kg, 65 Kg dan 75Kg dapat dilihat pada tabel 4

TABEL 4
Pengujian Massa Tubuh Terhadap Tegangan Output

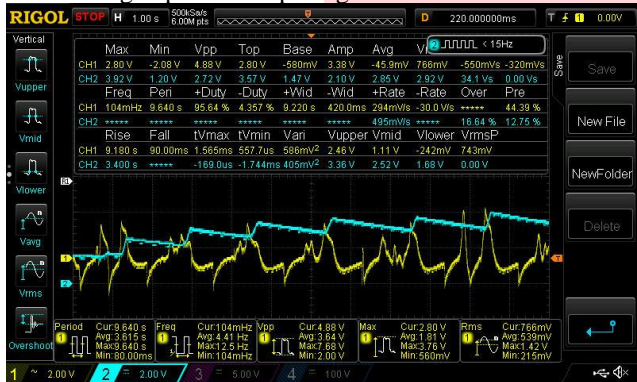
Berat Badan (Kg)	Tegangan Hasil dari Penekanan Ke- (Volt)				
	1	2	3	4	5
55	11.6	11	12.4	12.8	18.4
65	18.4	18.8	16.8	14	17.2
75	22.8	21.2	22.4	21.6	22.4

Pengujian dengan massa tubuh yang berbeda memberikan hasil tegangan output yang berbeda. Tegangan yang dihasilkan oleh panel transduser piezoelektrik diberikan kepada sistem penyearah gelombang sehingga gelombang output tidak memiliki siklus negatif. Besarnya tegangan output dapat dilihat dari besarnya Vp pada osiloskop. Besar Vp pada osiloskop memberikan nilai sebenarnya terhadap besar tegangan DC. Dengan massa tubuh 55 Kg tegangan rata rata yang didapat sebesar 13.24 volt dengan nilai tertinggi 18.4 volt dan terendah 11 volt.

Massa tubuh 65 Kg memiliki nilai tegangan yang lebih besar dibandingkan dengan massa tubuh 55 Kg. Hal ini dikarenakan penekanan yang lebih berat terhadap panel

tranduser piezoelektrik. Pada massa tubuh 65 Kg tegangan terbesar 18.8 volt dan tegangan terkecil 14 volt. Besar rata rata yang didapatkan dengan massa tubuh 65Kg sebesar 17.04 volt. Pengujian dilakukan dengan menginjak panel tranduser piezoelektrik. Hasil tegangan yang dihasilkan tidak stabil (naik dan turun dengan cepat) dan bersifat sementara. Sehingga nilai yang tercatat pada tabel adalah nilai puncak yang dimiliki oleh gelombang.

Pengujian selanjutnya dengan mencoba menggunakan kapasitor sebagai filter gelombang output dengan menggunakan 3 massa yang berbeda yaitu 55 Kg, 65 Kg, dan 75 Kg. Penggunaan kapasitor membuat listrik lebih stabil sehingga tidak naik turun dengan cepat. Pengujian ini bertujuan untuk menghitung berapa energi yang dihasilkan dari berat massa yang berbeda. Energi yang dihitung merupakan energi rata rata dan juga energi ketika diberikan tekanan sekali. Pengujian dengan osiloskop dengan massa tubuh 55 Kg dapat dilihat pada gambar 5.



GAMBAR 5

Pengukuran Massa Tubuh 55Kg Dengan Filter

Dari gambar hasil pengujian dapat dilihat bahwa terdapat gelombang input dan juga output. Gelombang input berwarna kuning yang berasal dari panel tranduser piezoelektrik, sedangkan gelombang output berwarna biru yang berasal dari panel tranduser piezoelektrik yang telah disearahkan. Gambar 5 menunjukkan bahwa terjadi 7 kali menginjak yang dilakukan terhadap tranduser piezoelektrik. Gelombang output telah diberikan kapasitor sebagai filter sehingga gelombangnya hanya berbentuk ripple. Hasil pengujian pada gambar 5 dapat dilihat nilai hasil menginjakannya dari 1 sampai 7 pada tabel 5.

TABEL 5

Hasil Pengujian Massa Tubuh 55Kg Dengan Kapasitor

Pijakan Ke	Banyak Div	V _{DC}	Energi (J)
1	0.6	1.2	0.0000720
2	1.2	2.4	0.0002160
3	1.5	3.0	0.0001620
4	1.6	3.2	0.0000620
5	1.8	3.6	0.0001360
6	1.9	3.8	0.0000740
7	1.95	3.9	0.0000385
Rata - rata		3.01	0.0000453

Ripple pada gambar 5 terdapat 7 buah ripple dengan masing masing ripple mewakili setiap pijakan. Vp pada tabel

merupakan tegangan output yang berjenis DC yang mana nilainya sama dengan VDC. Untuk dapat menghitung setiap Vp pada ripple diperlukan div (kotak). Kemudian banyaknya div dikalikan dengan volt/div pada pengaturan di osiloskop. Dalam pengujian ini penulis menggunakan 2 volt/div. Sehingga pijakan pertama menghasilkan 1.2 volt. Tegangan ini dapat bertahan (stabil selama beberapa waktu) dikarenakan pemberian kapasitor. Nilai tegangan yang dihasilkan diambil dari parameter Vp pada osiloskop. Dikarenakan nilai tegangan DC sama dengan Vp Dengan menggunakan kapasitor dapat diketahui energi yang dihasilkan dari pijakan.

Energi ini merupakan energi yang tersimpan didalam kapasitor. Panel tranduser piezoelektrik yang mengubah energi, kemudian energi tersebut dapat disimpan didalam kapasitor. Energi yang tersimpan merupakan energi yang dihasilkan dengan sekali pijakan.

Untuk mengetahui berapa banyak energi yang tersimpan dari 7 pijakan dengan cara menambahkan semua pijakan. Sehingga energi yang tersimpan dalam 7 pijakan sebesar 0.0007605 Joule. Rata – rata energi yang tersimpan dalam kapasitor dapat dihitung dengan cara menggunakan rumus yang sudah ada dan menghasilkan energi sebesar 0.0000453 Joule.

Dengan massa tubuh 55 Kg dan energi rata rata yang dihasilkan 4.53 x 10⁻⁶ J untuk dapat mengisi baterai dengan 2100 mAh yang memerlukan 27,972 joule maka dibutuhkan langkah yang dapat ditentukan dengan perhitungan rumus:

$$\text{Jumlah langkah} = \frac{27,972}{4.53 \times 10^{-6}} = 6,174,834,440 \text{ langkah}$$

Sebanyak 6,174,834,440 langkah yang diperlukan dengan asumsi penekanan yang sama menggunakan massa tubuh 55Kg untuk mengisi penuh baterai yang memiliki kapasitas 2100 mAh dengan tegangan 3.7 volt. Jumlah langkah atau pijakan yang begitu banyak. Pengujian dilakukan juga dengan massa tubuh 65 Kg dan dapat dilihat pada gambar 6.



GAMBAR 6

Pengukuran Massa Tubuh 65Kg Dengan Filter

Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan massa tubuh 65Kg. gelombang yang dihasilkan dari massa tubuh 65Kg memiliki bentuk gelombang yang hampir sama dengan massa tubuh sebelumnya. Namun perbedaan ini terletak pada tinggi ripple. Gelombang output memiliki warna biru dan sudah disearahkan dan juga difilter menggunakan kapasitor. Sedangkan gelombang input berwarna kuning dan masih berjenis AC (bolak balik). Pada gambar 4.8 menunjukkan

bahwa tegangan terakhir yang disimpan pada kapasitor adalah sebesar 4.88 volt pada pijakan ke 7. Tegangan yang dihasilkan merupakan tegangan DC dan tegangan sudah stabil tidak terjadi adanya perubahan turun naik yang signifikan seperti halnya yang terjadi pada gelombang input. Hasil pengujian per pijakan yang telah terukur dapat dilihat pada tabel 6.

TABEL 6
Hasil Pengujian Massa Tubuh 65Kg Dengan Kapasitor

Pijakan Ke	Banyak Div	V _{DC}	Energi (J)
1	0.6	1.2	0.0000720
2	0.95	1.9	0.0001085
3	1.4	2.8	0.0002115
4	1.6	3.2	0.0001200
5	2	4.0	0.0002880
6	2.2	4.4	0.0001680
7	2.44	4.88	0.0002227
Rata - rata		3.197	0.0001598

Dari tabel pengujian didapatkan hasil tegangan output pada masing masing pijakan yang terjadi selama pengukuran. Pijakan terjadi sebanyak 7 kali yang mana pijakan ke 7 dapat dilihat hasilnya dari measure yang terdapat pada gambar 6. Untuk mendapatkan besaran V_p maka diperlukan banyaknya div terlebih dahulu. Pada ripple pertama meliki jumlah 3 titik yang artinya 1 titik bernilai 0.2. sehingga banyaknya div pada ripple pertama adalah 0.6. Kemudian pengaturan osiloskop diberikan nilai volt/div sebesar 2 volt, dengan demikian V_p dapat diketahui dengan cara mengalikan antara banyaknya div dan juga volt/div. Sehingga didapatkan V_p per pijakan yang dilakukan disaat melakukan pengujian. Energi yang dihasilkan dari masing masing pijakan merupakan hasil perhitungan menggunakan rumus.

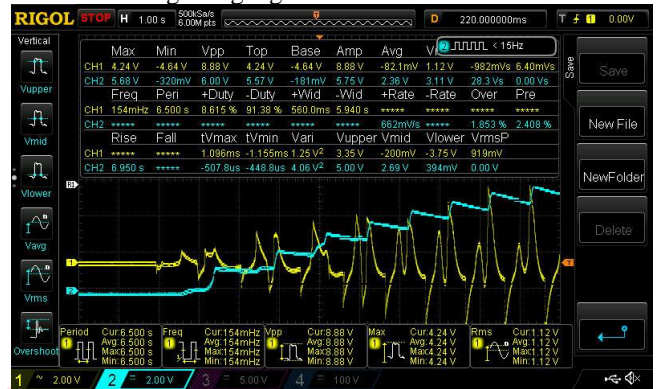
Pijakan pertama memiliki energi 7.2 x 10⁻⁶. Energi ini adalah besar energi yang tersimpan pada kapasitor dari masing masing pijakan. Dengan asumsi bahwa V₀ bernilai 0 maka energi yang tersimpan pada pijakan pertama dapat diketahui. Sehingga total energi yang tersimpan pada kapasitor adalah dengan menjumlahkan keseluruhan perubahan energi sebesar 0.0011907 Joule. Rata rata dihitung secara terpisah dengan menggunakan tegangan yang dirata ratakan yaitu sebesar 3.197 volt.

Setelah dimasukan rumus maka energi yang tersimpan didalam kapasitor atau yang dihasilkan dengan massa tubuh 65 Kg sebesar 0.00015985 joule. Besar energi yang dihasilkan berbanding lurus dengan besar tegangan. Semakin besar energi yang tersimpan maka tegangan output akan semakin besar dan tekanan yang diberikan pada panel transduser piezoelektrik juga mempengaruhi energi yang akan dihasilkan.

Dengan massa tubuh 65 Kg dan energi rata rata yang dihasilkan 1.5985 x 10⁻⁵ J untuk dapat mengisi baterai dengan 2100 mAh yang memerlukan 27,972 joule maka dibutuhkan langkah yang dapat dihitung pada berikut

$$\text{Jumlah langkah} = \frac{27,972}{1.598 \times 10^{-5}} = 1,749,890,522 \text{ langkah}$$

Sebanyak 617,483,443 langkah yang diperlukan dengan asumsi penekanan yang sama menggunakan massa tubuh 65Kg untuk mengisi penuh baterai yang memiliki kapasitas 2100 mAh dengan tegangan 3.7 volt.



GAMBAR 7

Pengukuran Massa Tubuh 75Kg Dengan Filter

Dari gambar hasil pengujian dapat dilihat bahwa terdapat gelombang input dan juga output. Gelombang input berwarna kuning yang berasal dari panel transduser piezoelektrik, sedangkan gelombang output berwarna biru yang berasal dari panel transduser piezoelektrik yang telah disearahkan dan difilter sehingga membentuk gelombang yang hanya ripple. Hal ini membuat tegangan menjadi stabil. Gambar 7 menunjukkan bahwa terjadi 8 kali peninjakan yang dilakukan terhadap transduser piezoelektrik. Tetapi yang akan diambil datanya dari peninjakan ke 2 hingga ke 8. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 7.

TABEL 7
Hasil Pengujian Massa Tubuh 75Kg Dengan Kapasitor

Pijakan Ke	Banyak Div	V _{DC}	Energi (J)
1	1	2.0	0.0002000
2	1.4	2.8	0.0001920
3	1.8	3.6	0.0002560
4	2.2	4.4	0.0004565
5	2.5	5.0	0.0002820
6	2.65	5.3	0.0001545
7	2,84	5.68	0.0002086
Rata - rata		4.11	0.0008446

Pada pengujian dengan massa tubuh 75Kg didapatkan V_p awal 2 Volt hal ini dikarenakan sesuai dengan gambar 4. 11 bahwa gelombang memiliki besar 1 div (kotak) dengan pengaturan pada osiloskiop 2 volt/div sehingga tegangan keluar yang ada pada pijakan 1 sebesar 2 volt. Dengan massa tubuh 75 Kg yang tentunya lebih berat dari pengujian sebelumnya sehingga tegangan output yang dihasilkan juga lebih besar ketimbang pengujian dengan massa tubuh 55Kg dan 65Kg.

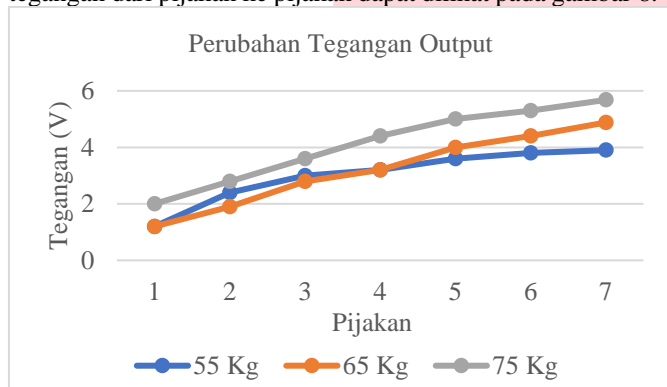
Energi pada tabel 7 merupakan perubahan energi yang terjadi dikarenakan bertambahnya tegangan output. Tegangan ini telah menjadi stabil akibat kapasitor sehingga perhitungan melibatkan besar nilai kapasitor. Perubahan energi total merupakan penjumlahan dari pijakan ke 1 sampai 7 dengan besar 0.0017496 Joule. Menghitung rata rata energi yang tersimpan tidak perlu mencari perubahan energi yang ada. Tegangan yang dipakai menggunakan tegangan rata rata

4.11. Dengan menggunakan tegangan rata rata maka didapatkan energi yang tersimpan sebesar 0.000844605 Joule.

Dengan massa tubuh 75 Kg dan energi rata rata yang dihasilkan 8.44605×10^{-5} J untuk dapat mengisi baterai dengan 2100 mAh yang memerlukan 27,972 joule maka dibutuhkan langkah yang dapat dicari dan diketahui dengan menggunakan perhitungan rumus berikut

$$\text{Jumlah langkah} = \frac{27,972}{8,44605 \times 10^{-5}} = 331,184,399 \text{ langkah}$$

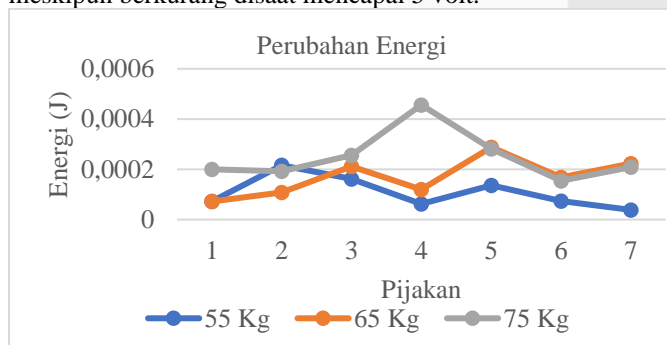
Sebanyak 331,184,399 langkah yang diperlukan dengan asumsi penekanan yang sama menggunakan massa tubuh 75Kg untuk mengisi penuh baterai yang memiliki kapasitas 2100 mAh dengan tegangan 3.7 volt. Dengan perbandingan massa tubuh 55 Kg, 65Kg dan 75Kg perubahan kenaikan tegangan dari pijakan ke pijakan dapat dilihat pada gambar 8.



GAMBAR 8

Grafik Perubahan Tegangan Output

Tegangan output yang dihasilkan dari pijakan kesatu sampai 7 mengalami kenaikan disaat panel transduser piezoelektrik diberikan penekanan. Pada massa tubuh 55 Kg kenaikan tegangan berkurang disaat telah mendekati 4 volt. Hal ini dikarenakan penekanan massa tubuh yang sudah mendekati maksimal dengan massa tubuh 55Kg sehingga kenaikan tidak terlalu signifikan seperti awal penekanan. Massa tubuh 65 Kg tegangan naik secara bertahap namun disaat telah mencapai 4 volt kenaikan tegangan tidak lagi signifikan. Sedangkan massa tubuh 75 Kg masih signifikan meskipun berkurang disaat mencapai 5 volt.



GAMBAR 9

Grafik Perubahan Energi Pada Kapasitor

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil data dan analisa yang telah dilakukan, menyimpulkan bahwa sistem pemanen energi dengan piezoelektrik yang terdiri dari 10 unit yang dirangkai secara

paralel mampu meningkatkan tegangan output dari 1 hingga 6 volt. Sistem ini memanfaatkan energi getaran pada tangga untuk dikonversi menjadi listrik melalui penyearah gelombang yang menggunakan empat dioda dalam konfigurasi jembatan, serta kapasitor yang berfungsi sebagai filter dan penstabil gelombang output agar listrik yang dihasilkan tetap stabil. Energi listrik yang dihasilkan kemudian disimpan dalam baterai sebagai media penyimpanan. Selain itu, penelitian ini menunjukkan bahwa massa tubuh berpengaruh terhadap besaran tegangan output yang dihasilkan. Dengan massa tubuh 55 kg, rata-rata tegangan output yang dihasilkan adalah 3,01 volt, sedangkan pada massa tubuh 65 kg mencapai 3,197 volt, dan pada massa tubuh 75 kg meningkat menjadi 4,11 volt. Rata-rata energi yang dihasilkan juga berbanding lurus dengan massa tubuh, yaitu sebesar $4,53 \times 10^{-6}$ J untuk 55 kg, $1,5985 \times 10^{-5}$ J untuk 65 kg, dan $8,44605 \times 10^{-5}$ J untuk 75 kg. Namun, penelitian ini juga menemukan bahwa frekuensi tekanan yang diberikan pada panel transduser piezoelektrik tidak berpengaruh secara langsung terhadap tegangan output. Meskipun frekuensi yang dihasilkan berkisar antara 0,497 hingga 0,735 Hz dengan tegangan output antara 1 hingga 6 volt, peningkatan frekuensi tidak selalu menyebabkan peningkatan tegangan secara linear. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa faktor utama yang mempengaruhi besaran tegangan yang dihasilkan adalah besarnya massa atau tekanan yang diberikan, sedangkan frekuensi tekanan tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap tegangan output.

REFERENSI

- [1] E. Listjorini dkk., "Rancang Bangun ALPENLIBE (Alat Pemanen Energi Listrik Berbasis Piezoelektrik) Sebagai Upaya Mewujudkan Energi Terbarukan," *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, vol. 7, no. 1, hlm. 1–7, 2024.
- [2] R. A. Setiawan, S. Alam, U. Murdika, dan S. Sumadi, "Rancang Bangun Sistem Pemanen Energi di Lantai Menggunakan Modul BQ25570 pada Aplikasi Piezoelectric Energy Harvesting," *Rekayasa*, vol. 13, no. 3, hlm. 277–283, Des 2020.
- [3] F. Irsan Pasaribu dan M. Reza, "Rancang Bangun Charging Station Berbasis Arduino Menggunakan Solar Cell 50 WP," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 3, no. 2, hlm. 46–55, 2021.
- [4] F. Fathoni, "Rancang Bangun Alat Pemotong Dan Pembengkok Kaki Kapasitor," Universitas Negeri Padang, Padang, 2023.
- [5] D. Almada dan N. Majid, "Studi Analisa Penyebab Kerusakan Kapasitor Bank Sub Station Welding di PT. Astra Daihatsu Motor," *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, vol. 2, no. 1, 2019.
- [6] M. I. Mowaviq, A. Junaidi, D. S. Purwanto, dan S. Tinggi Teknik -PIn, "Lantai Pemanen Energi Listrik Menggunakan Piezoelektrik," *JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN*, vol. 10, no. 2, 2018.
- [7] E. K. Wati, *REKAYASA V I B R A S I Kendali dan Pemanfaatan Vibrasi dengan Piezoelektrik di bidang Rekayasa Instrumentasi & Kontrol. LP_UNAS*, 2021.
- [8] A. Sidiq, G. Rusydi, F. Syahrillah, dan M. Isra, "Studi Experimental Pemanfaatan Speed Bumper (Polisi Tidur)

Menjadi Energi Listrik Menggunakan Piezoelektrik,” Jurnal Teknik Mesin UNISKA, vol. 6, no. 2, 2021.

[9] A. Jatmika, A. Syakur, dan H. Afrisal, “Perancangan Sumber Tegangan Dc Sebagai Suplai Flyback Driver dengan Menggunakan Modul Triac Dimmer dan Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa Tak Terkontrol Berbasis Wireless untuk Diaplikasikan pada Jendela Perangkap,” Transient, vol. 9, no. 4, hlm. 589–591, 2020.

[10] M. Fadhil Aulia dan A. Mulyadi, “Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh Dengan Modifikasi IC Untuk Mengurangi

Output Ripple Gelombang DC,” Energy: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik, vol. 13, no. 2, hlm. 131–140, Des 2023.

[11] M. U. Khasan, F. Baskoro, A. Widodo, dan N. Kholis, “Literatur Review: Analisa Performa Baterai Lithium-air, Lithium-sulfur, All-Solid-State Battery, Lithium-ion Pada Kendaraan Listrik,” Jurnal Teknik Elektro, vol. 10, no. 3, hlm. 597–607, 2021.

[12] D. Maizana, “Pengukuran dengan Alat Ukur Oscilloscope,” 2020.

