

PEMANFAATAN TREADMILL MANUAL SEBAGAI PENGHASIL LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR PIEZOELEKTRIK

Muhammad Reza Kurniawan; Umar S.T.,M. T

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Surakarta

Abstrak

Zaman modern saat ini perhatian terhadap aspek kesehatan dan keberlanjutan energi sangat penting. Sebuah konsep inovatif untuk memanfaatkan treadmill manual sebagai penghasil listrik menggunakan sensor piezoelektrik. Tujuan penelitian ini adalah membuat alat penghasil listrik pada treadmill manual dengan menggunakan sensor piezoelektrik serta menganalisis jumlah listrik yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan dengan mengintegrasikan piezoelektrik yang disusun secara paralel. Pengujian alat ini dilakukan dengan metode kecepatan yang akan dibaca oleh sensor LM393. Pengujian menggunakan 4 berat badan yang bervariasi yang akan ditimbang menggunakan sensor Loadcell. Tegangan dan arus yang dihasilkan akan diukur dengan sensor MAX471. Hasil pengujian menunjukkan tegangan yang dihasilkan cukup besar namun arus yang dihasilkan sangatlah kecil. Keluaran terbesar diperoleh dengan metode berlari dengan kecepatan 9,7 m/s dengan berat badan 82 kg dengan tegangan sebesar 24,6 Volt dan arus sebesar 39,2 mA selama 30 detik. Hal ini mampu untuk mengisi baterai 6000 mAh selama 1 jam 20 menit. Keluaran tegangan terendah diperoleh dari metode berjalan dengan kecepatan 3,1 m/s dengan berat badan 63 kg dengan tegangan sebesar 9,9 Volt dan arus 9,2 mA. Hal ini mampu untuk mengisi baterai 6000 mAh selama 5 jam 42 menit.

Kata Kunci : Energi listrik, Keberlanjutan Energi, Sensor Piezoelektrik, Treadmill Manual

Abstract

In the modern era, attention to health and energy sustainability is very important. An innovative concept utilizes a manual treadmill as a source of electricity using piezoelectric sensors. The aim of this research is to create a power-generating device on a manual treadmill using piezoelectric sensors and analyze the amount of electricity produced. This research was conducted by integrating piezoelectric sensors arranged in parallel. The device testing was carried out using a speed method read by the LM393 sensor. Testing was conducted with four varying body weights measured using a load cell sensor. The voltage and current produced were measured with the MAX471 sensor. The test results showed that the voltage generated was quite large, but the current produced was very small. The highest output was obtained by running at a speed of 9.7 m/s with a weight of 82 kg, producing a voltage of 24,6 Volts and a current of 39.2 mA for 30 seconds. This was able to charge a 6000 mAh battery for 1 hour and 20 minutes. The lowest voltage output was obtained by walking at a speed of 3.1 m/s with a body weight of 63 kg, producing a voltage of 9,9 Volts and a current of 9.2 mA. This was able to charge a 6000 mAh battery for 5 hours and 42 minutes.

Keywords: Electrical Energy , Energy Sustainability, Piezoelectric Sensor, Treadmill

1. PENDAHULUAN

Kebugaran adalah suatu keperluan yang harus dipenuhi oleh semua orang agar dapat melakukan kegiatan sehari-hari dengan lancar tanpa mengalami masalah kesehatan atau kelelahan yang berlebihan (Ramadhan, 2022). Berolahraga mempunyai dampak yang positif untuk kesehatan fisik maupun mental (Ichsanudin dkk., 2024) Sekitar 27,6 persen penduduk Indonesia yang telah melakukan aktivitas olahraga secara teratur. Hal ini disebabkan oleh kesibukan pekerjaan yang menyita waktu sehingga sulit untuk menyisihkan waktu untuk berolahraga, serta adanya orang-orang yang merasa enggan untuk keluar rumah demi beraktivitas fisik (Sutadharma & Rizal, 2021). Disisi lain kebutuhan energi listrik terus meningkat di seluruh dunia seiring dengan perkembangan ekonomi, dan kemajuan teknologi. Pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat di Indonesia, kebutuhan energi listrik nasional juga akan terus bertambah (Putra dkk, 2023).

Indonesia memiliki banyak pembangkit listrik untuk memasok kebutuhan energi di masyarakat. Sebagian besar energi listrik di Indonesia masih menggunakan bahan bakar fosil yang pada akhirnya akan habis (Prasetyo & Pradistia, 2022). Penggunaan bahan bakar fosil yang secara terus menerus telah memberikan dampak negatif terhadap lingkungan (Wijanto dkk., 2018). Energi terbarukan mempunyai peran penting untuk memenuhi kebutuhan energi, karena penggunaan bahan bakar fosil dalam jangka panjang (Hidayatullah & Syukri, 2016)

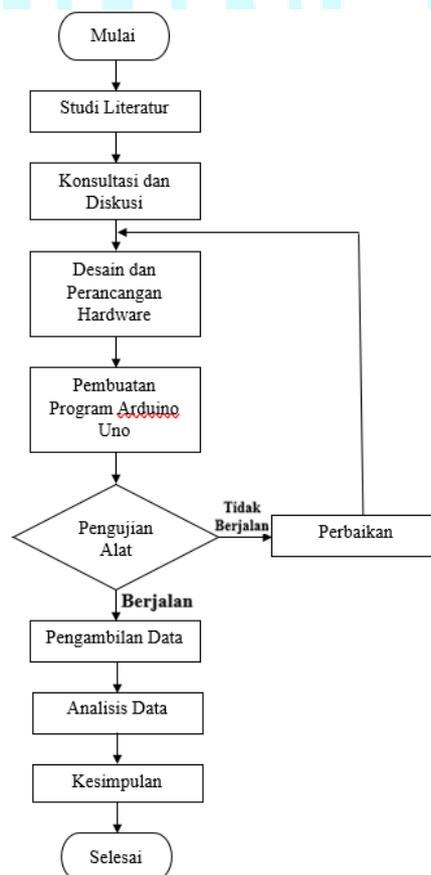
Memanfaatkan sumber energi yang selama ini terbuang begitu saja, seperti energi mekanik yang dihasilkan dari getaran langkah kaki manusia sangat menarik perhatian sebagai solusi yang berpotensi (Mowaviq dkk, 2018). Piezoelektrik merupakan salah satu aplikasi yang dapat dimanfaatkan dalam proses penghasil energi dengan tekanan (Hariyono & Nazaruddin, 2023). Material piezoelektrik yang terbuat dari silikon atau *Germanium* memiliki kemampuan untuk menghasilkan energi listrik ketika mengalami defleksi secara langsung (Yulia dkk., 2018). Momentum tumbukan yang signifikan karena energi mekanik besar pada matras menyebabkan lendutan yang besar pada piezoelektrik, yang kemudian menghasilkan tegangan listrik (Gamayel dkk., 2019). Efektivitas penghasil listrik menggunakan sensor piezoelektrik sangat tergantung pada intensitas tekanan untuk menghasilkan daya. Semakin besar tekanan yang diterapkan, semakin besar pula jumlah listrik yang dihasilkan (Rohman dkk, 2021).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa gelombang yang dihasilkan oleh piezoelektrik berbentuk sinusoidal atau AC. Oleh karena itu, dalam pengembangan piezoelektrik, diperlukan sebuah rangkaian penyearah. Penyearah gelombang atau *Rectifier* merupakan bagian dari sirkuit catu daya yang bertugas mengubah sinyal tegangan AC menjadi tegangan DC. (Ratih dkk, 2020). Penelitian penghasil listrik dengan piezoelektrik ini telah dilakukan oleh beberapa

orang yang dimana sensor piezoelektrik disusun secara paralel memiliki hasil daya pengeluaran yang lebih besar dari pada penyusunan sensor piezoelektrik secara seri (Maulana & Hasyim, 2016). Tegangan rata-rata yang dihasilkan oleh satu elemen piezoelektrik adalah 1,76 Volt. Tegangan rata-rata dari komponen piezoelektrik dalam rangkaian seri adalah 1,55 Volt, sedangkan dalam rangkaian paralel adalah 3,99 Volt (Rahmawati., 2018).

2. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah mengamati dan menganalisis keluaran yang dihasilkan oleh sensor piezoelektrik yang akan dibaca oleh sensor MAX471. Pengujian yang digunakan untuk melakukan pengukuran tegangan dan arus pada penelitian ini menggunakan 3 acuan. Pertama kecepatan yang akan dibaca menggunakan sensor LM393 pada putaran *Roller treadmill*. Kedua berat badan yang akan dibaca oleh sensor loadcell dengan modul HX711. Terakhir berapa lama waktu yang akan digunakan selama menggunakan treadmill. Pengambilan data dilakukan untuk menganalisis berapa *Output* yang akan dihasilkan oleh piezoelektrik. Gambar 1. merupakan *Flowchart* pelaksanaan penelitian.



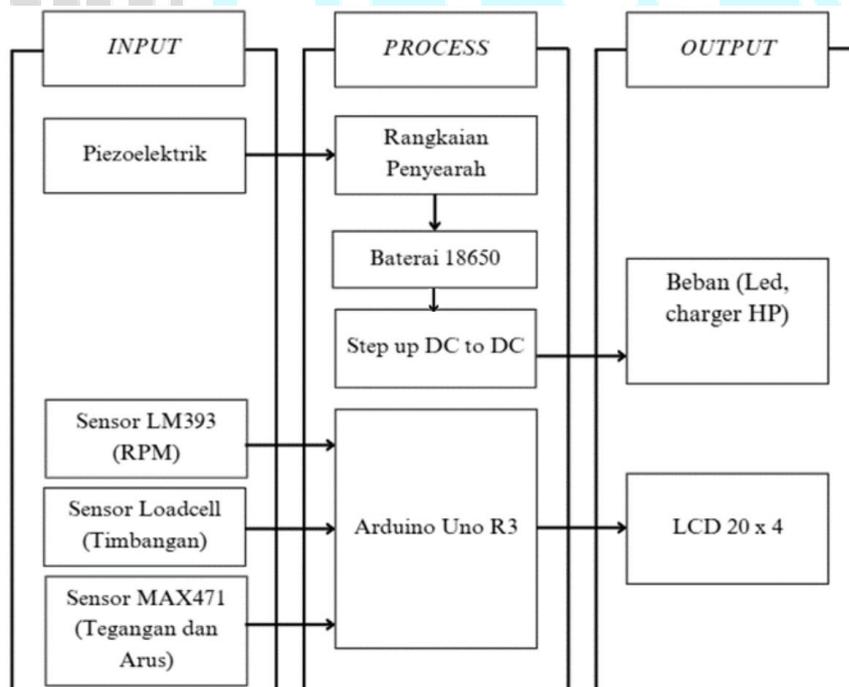
Gambar 1. *Flowchart* pelaksanaan

2.1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan serangkaian kegiatan atau metode yang digunakan untuk mengumpulkan data atau mencari referensi khususnya pada piezoelektrik sebagai penghasil listrik. Referensi ini bisa didapatkan dari jurnal, makalah, buku atau tesis yang berkaitan dengan penelitian kita. Penulis melakukan peninjauan ulang pada referensi yang sudah ada.

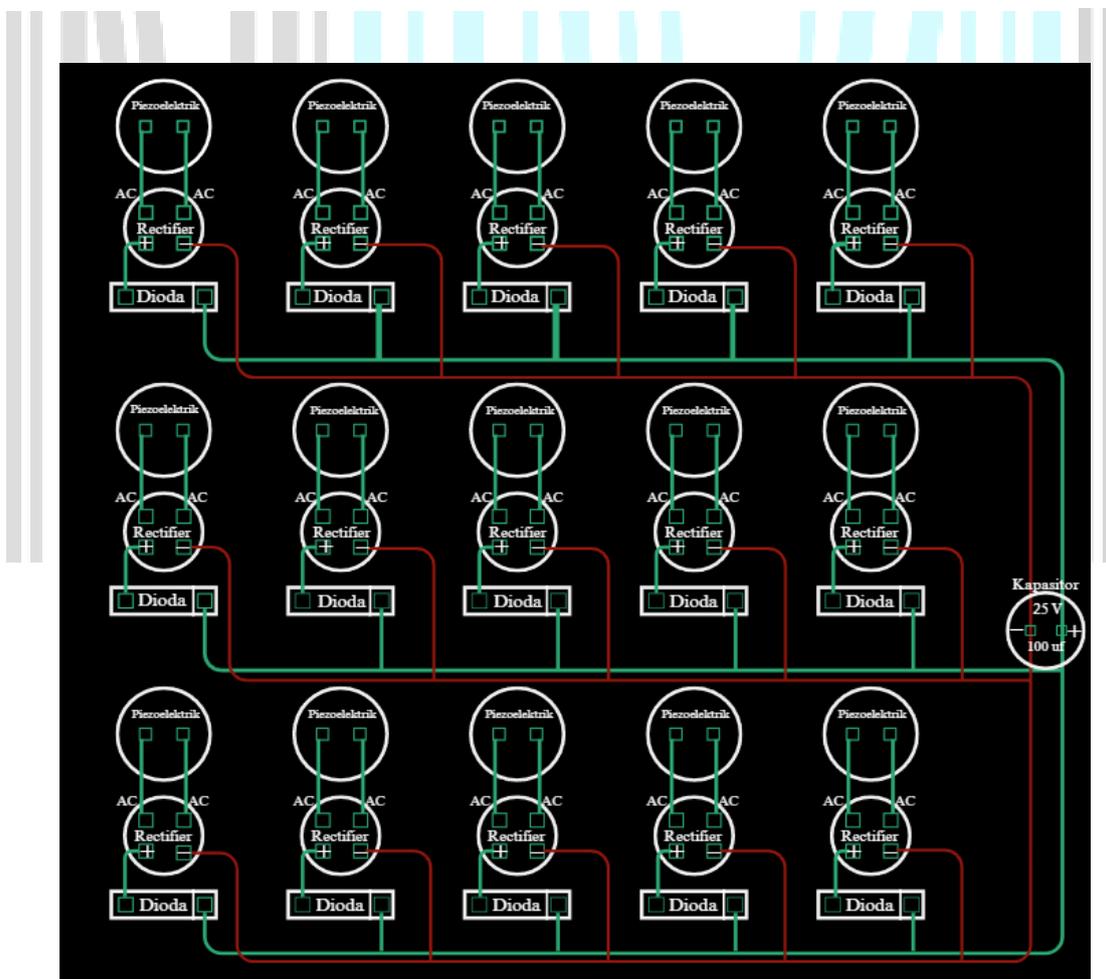
2.2. Perancangan Sistem

Tahap ini dilakukan dengan mendesain rangkaian yang akan dibuat serta juga mendesain gambaran alat yang akan dibuat. Setelah terdapat desain maka akan dilakukan pembuatan alat dimulai dengan mencetak rangkaian penyearah pada PCB. Melakukan pengecekan piezoelektrik apakah berfungsi atau tidak sebelum menyambung piezoelektrik ke rangkaian penyearah. Dilanjutkan penempatan sensor piezoelektrik pada treadmill manual untuk memaksimalkan tegangan listrik yang dihasilkan. Tegangan yang dihasilkan akan dibaca oleh sensor MAX471. Tegangan keluaran ini akan dipengaruhi beberapa faktor yaitu berat badan dan kecepatan. Terdapat sensor LM393 untuk membaca kecepatan putar treadmill dan sensor loadcell untuk membaca berat badan seseorang yang akan menggunakan treadmill. Setelah itu hasil pembacaan akan ditampilkan pada layar LCD berukuran 20x4. Tegangan keluaran dari piezoelektrik akan digunakan untuk mengisi baterai 18650 dan dihubungkan ke beban berupa *Charger* HP. Adapun berikut merupakan blok diagram sistem alat.



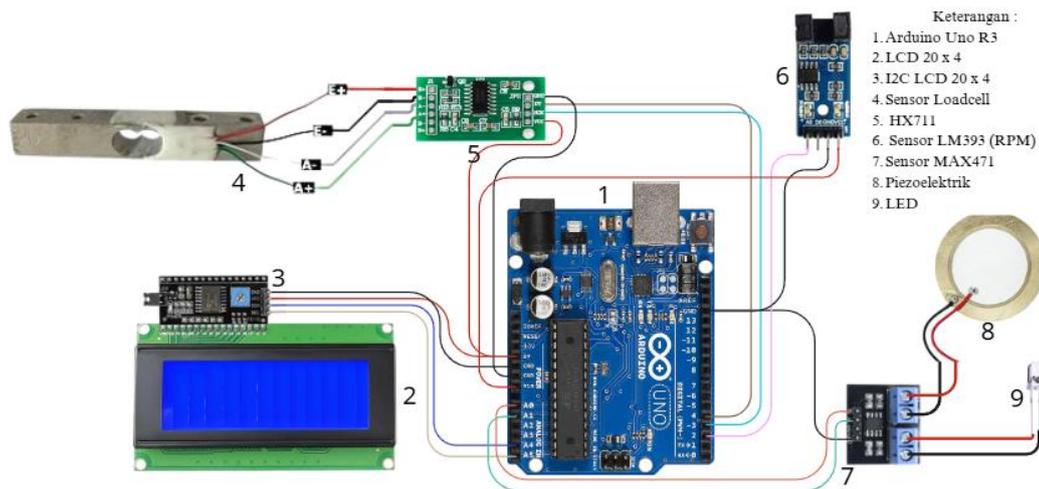
Gambar 2. Blok Diagram Sistem Alat

Blok diagram sistem terdapat 3 bagian yaitu *Input*, proses, dan *Output*. Bagian *Input* terdapat piezoelektrik yang berukuran 3,5mm sebanyak 30 buah disusun secara paralel yang akan menghasilkan tegangan AC. Maka dari itu harus melewati pada bagian Proses, yang terdapat rangkaian penyearah yang terdiri dari *Bridge Rectifier* dan dioda berguna untuk mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Serta terdapat 2 buah kapasitor yang berkapasitansi 100uf dengan tegangan kerja 25 Volt yang digunakan untuk menyimpan tegangan untuk disalurkan ke baterai. Tegangan input pada baterai sekitar 3,7 Volt sedangkan tegangan *Output* sekitar 3,9 Volt, agar tegangan keluaran pada baterai menjadi besar diperlukan *step up DC to DC* yang dapat mengubah tegangan menjadi 12 Volt sehingga dapat menyuplai beban berupa *Charger HP*. Berikut merupakan desain rangkaian penyearah yang terhubung dengan piezoelektrik.



Gambar 3. Desain piezoelektrik yang disusun secara paralel terhubung dengan rangkaian penyearah

Implementasi rangkaian ini dapat dilihat pada Gambar 4. Sistem monitoring yang telah didesain untuk mengamati besar keluaran dari piezoelektrik.



Gambar 4. Wiring Diagram Sistem Alat

Saat pengukuran arus keluaran dari piezoelektrik maka diperlukan sebuah beban pada nomor 9 berupa sebuah led 1 Watt agar arus dapat terbaca oleh sensor MAX471 pada nomor 7.

2.3. Pengujian Alat

Pengujian alat dalam penelitian bertujuan untuk memvalidasi dan menguji performa sistem yang telah dirancang. Pengujian alat ini dengan cara mengamati dan menganalisa. Apabila alat belum berjalan maka akan dilakukan perbaikan ulang pada perancangan *Hardware* atau pembuatan program Arduino. Pengujiannya dilakukan dengan kecepatan berlari dan berjalan diatas treadmill dengan memakai 4 berat badan yang bervariasi dalam waktu yang telah ditentukan.

2.4. Analisis Data

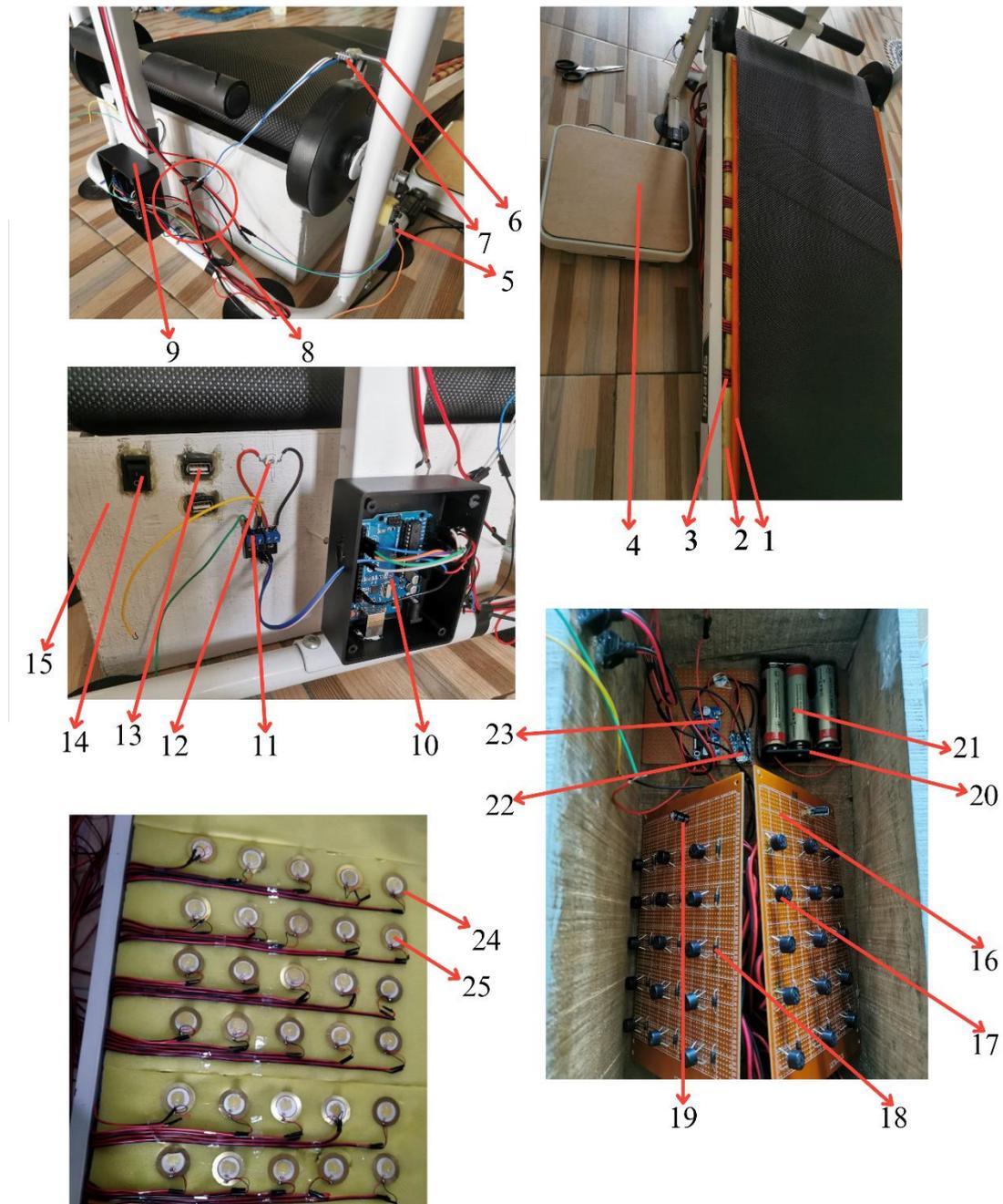
Analisis data pada penelitian merupakan langkah penting untuk menginterpretasikan hasil pengumpulan data yang telah dilakukan. Tegangan yang dihasilkan apakah akan lebih maksimal dengan mode berlari atau berjalan sesuai kecepatan yang ditentukan. Data akan diambil dengan 4 berat badan yang berbeda.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Realisasi Alat

Penelitian ini penulis melakukan perancangan piezoelektrik yang telah disusun secara paralel dan diaplikasikan pada treadmill manual. Fungsi piezoelektrik yaitu sebagai penghasil listrik yang berupa tegangan AC yang akan diubah menjadi tegangan DC menggunakan rangkaian penyearah. Pengujian dilakukan dengan acuan kecepatan serta waktu saat menggunakan treadmill dengan berat badan yang berbeda beda. Parameter ini akan ditampilkan pada LCD

20x4 agar seseorang yang menggunakan treadmill bisa mengetahui berat badan, kecepatan, serta tegangan dan arus yang dihasilkan saat pengguna menggunakan treadmill manual ini. Kemudian tegangan dan arus yang dihasilkan akan digunakan untuk mengisi baterai 18650. Selain itu pada *Box* juga terdapat colokan *Charger HP* yang dapat digunakan pengguna treadmill untuk men-*Charger HP* mereka.



Gambar 5. Hardware treadmill manual sebagai penghasil listrik

Gambar 5. Merupakan hasil *Hardware*. Dimana nomor 1 adalah papan kayu berukuran 1 cm x 40 cm x 80 cm. Nomor 2 adalah busa *Foam*. Nomor 3 adalah kabel dari keluaran tegangan AC

dari piezoelektrik. Nomor 4 adalah timbangan berat badan yang terdapat sensor loadcell dilengkapi dengan modul HX711. Nomor 5 adalah *Push Button Lock*. Nomor 6 adalah baut untuk menempelkan sensor LM393. Nomor 7 adalah sensor LM393. Nomor 8 adalah kabel untuk sensor sensor. Nomor 9 adalah kotak *Box* untuk mikrokontroler. Nomor 10 adalah mikrokontroler Arduino Uno R3. Nomor 11 adalah sensor MAX471. Nomor 12 adalah beban berupa led 1 Watt digunakan untuk mengukur keluaran arus piezoelektrik. Nomor 13 adalah colokan *Charger HP*. Nomor 14 adalah saklar *On/Off* untuk memutus aliran pada beban. Nomor 15 adalah kotak *Box* besar untuk menyimpan rangkaian listrik. Nomor 16 adalah PCB bolong. Nomor 17 adalah *Bridge Rectifier*. Nomor 18 adalah dioda. Nomor 19 adalah kapasitor 100uf dan memiliki tegangan maksimal 25 volt. Nomor 20 adalah tempat baterai 18650. Nomor 21 adalah baterai 18650 yang masing masing mempunyai kapasitas 6000mAH. Nomor 22 adalah *Charging Module* digunakan untuk mengisi daya pada baterai. Nomor 23 adalah *Step Up DC to DC* untuk menaikkan tegangan dari baterai. Nomor 24 adalah kepingan sensor piezoelektrik yang berdiameter 3,5mm. Nomor 25 adalah sebuah lem tembak yang sudah mengeras digunakan untuk menekan piezoelektrik.

3.2 Sistem *Monitoring* Alat

Hasil dari penelitian ini akan di-*Monitoring* atau dilakukan pemantauan oleh program yang telah dibuat menggunakan *Software* Arduino IDE dengan mikrokontroler berbasis Arduino UNO. Sistem program *Monitoring* ini terdapat 3 buah sensor yaitu Sensor MAX471, Sensor Loadcell dan Sensor LM393. Sensor MAX471 ini digunakan untuk membaca arus dan tegangan yang dihasilkan oleh piezoelektrik yang sudah disearahkan oleh penyearah. Untuk membaca arus diperlukan sebuah led 1 Watt. Sensor Loadcell yang dilengkapi dengan modul HX711 digunakan untuk membaca suatu berat badan pengguna treadmill. Sensor loadcell ini hanya mampu membaca hingga 100 kg. Terakhir Sensor LM393 merupakan sensor yang digunakan untuk membaca suatu kecepatan putar. Sensor LM393 ini membaca kecepatan putaran treadmill dengan menghitung suatu benda yang akan melewatinya. Pembacaan ketiga sensor ini akan ditampilkan pada layar LCD berukuran 20x4. Berikut merupakan *Script* dari program sistem *Monitoring* alat ini.

```

1  #include <Wire.h>
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h> // Library untuk LCD
3  #include <HX711_ADC.h> // Library untuk sensor loadcell
4  #include "MAX471.h" // Library untuk sensor MAX471
5
6  #define VT_PIN A0 // Pin untuk input tegangan dari sensor MAX471
7  #define AT_PIN A1 // Pin untuk input arus dari sensor MAX471
8  #define LOCK_BUTTON_PIN 4 // Pin untuk tombol kunci
9  #define SENSOR_PIN 2 // Pin digital untuk input dari sensor LM393
10
11 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); // Alamat I2C dan ukuran LCD
12 MAX471 myMax471(ADC_10_bit , VCC_5, AT_PIN, VT_PIN);
13
14 // HX711
15 const int HX711_dout = 3; // mcu > HX711 dout pin
16 const int HX711_sck = 7; // mcu > HX711 sck pin
17 HX711_ADC LoadCell(HX711_dout, HX711_sck);
18
19 volatile unsigned long pulseCount = 0; // Menghitung jumlah pulse
20 unsigned long previousTime = 0;
21 const float wheelCircumference = 0.42; // Lingkaran roda dalam meter (misalnya 42 cm)
22
23 bool isLocked = false; // Status apakah berat terkunci atau tidak
24 float lockedWeight = 0; // Nilai berat yang terkunci
25 bool lastButtonState = HIGH; // Menyimpan status terakhir tombol
26
27 void setup() {
28   Serial.begin(9600);
29   delay(10);
30   Serial.println("== START LIBRARY TEST ==");
31
32   pinMode(SENSOR_PIN, INPUT);
33   pinMode(LOCK_BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP); // Set mode input tombol ke pull up

```

Gambar 6. Script Program Monitoring



Gambar 7. Tampilan parameter pada LCD 20x4

3.3 Hasil Pengukuran Keluaran pada Piezoelektrik

3.3.1 Pengujian pada 1 buah Piezoelektrik

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besar tegangan yang dihasilkan oleh 1 buah piezoelektrik apabila ditekan dengan beralaskan busa *Foam* dan papan kayu pada treadmill dengan tempo 130 bpm dengan jarak 5 cm maupun tanpa jarak. Dapat dilihat bahwa hasil yang lebih baik ketika ditekan dengan beralaskan busa foam dengan tempo 130 bpm tanpa jarak yaitu sebesar 8,8 Volt. Tegangan yang dihasilkan piezoelektrik merupakan tegangan AC. Berikut merupakan hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian 1 buah piezoelektrik berdasarkan alas yang dipakai

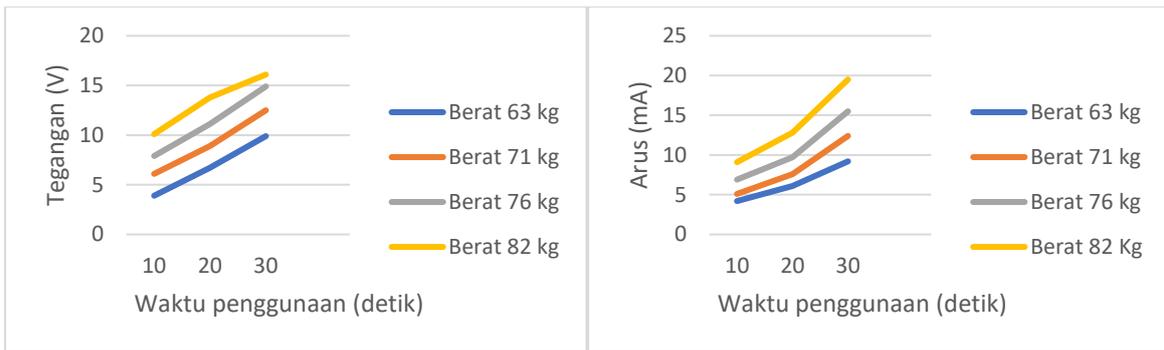
No.	Keterangan	Tegangan AC (Volt)
1.	Ditekan menggunakan kecepatan tempo 130 bpm yang berjarak 5 cm dari piezoelektrik dan beralaskan papan kayu.	5,1
2.	Ditekan menggunakan kecepatan tempo 130 bpm yang berjarak 5 cm dari piezoelektrik dan beralaskan busa <i>Foam</i> .	6,2
3.	Ditekan menggunakan kecepatan tempo 130 bpm tanpa jarak dan beralaskan papan kayu.	7,1
4.	Ditekan menggunakan kecepatan tempo 130 bpm tanpa jarak dan beralaskan busa <i>Foam</i> .	8,8

3.3.2 Pengujian pada 30 buah Piezoelektrik yang telah disusun secara *Parallel* dengan metode berjalan, *Jogging*, dan berlari cepat

- i. Menggunakan metode berjalan yang diukur berdasarkan putaran pada treadmill yaitu dengan kecepatan 3,1 m/s

Tabel 2. Pengujian 30 buah piezoelektrik tersusun secara *Parallel* dengan kecepatan 3,1 m/s

No.	Berat Badan (kg)	Waktu 10 detik			Waktu 20 detik			Waktu 30 detik		
		Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)
1.	63	3,9	4,2	16,38	6,7	6,1	40,87	9,9	9,2	91,08
2.	71	6,1	5,1	31,11	8,9	7,6	67,64	12,5	12,4	155
3.	76	7,9	6,9	54,51	11,1	9,7	107,67	14,9	15,5	230,95
4.	82	10,1	9,1	91,91	13,8	12,8	176,64	16,1	19,5	313,95



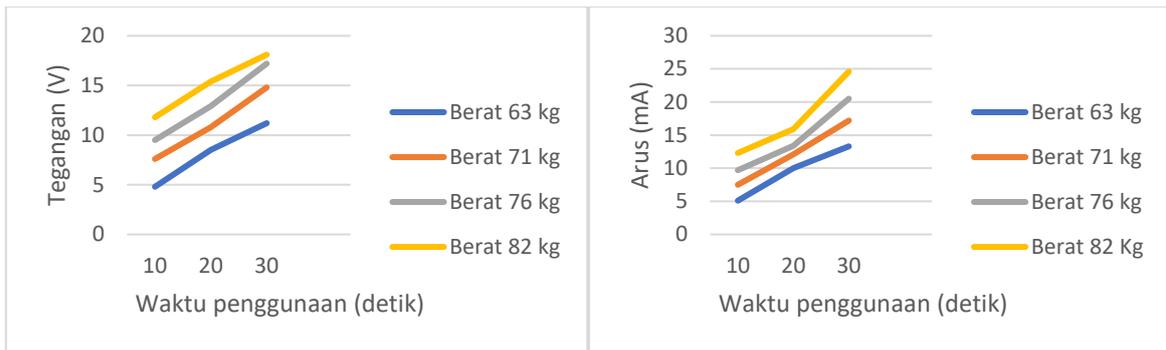
Gambar 8. Grafik tegangan dan arus dengan kecepatan 3,1 m/s

Gambar 8. dapat dilihat bahwa hasil keluaran terbesar yang dihasilkan oleh sensor piezoelektrik dengan kecepatan putar 3,1 m/s yaitu dengan berat badan 82 kg. Hasil keluaran yang paling kecil terdapat pada berat badan 63 kg. Selama rentang waktu 10 detik pertama berat badan 82 kg menghasilkan tegangan 10,1 Volt dan arus 9,1 mA sedangkan berat badan 63 kg hanya menghasilkan tegangan 3,9 Volt dan arus 4,2 mA, sehingga memiliki selisih tegangan 6,2 Volt dan arus 4,9 mA. Saat rentang waktu 20 detik berat badan 82 kg menghasilkan tegangan 13,8 Volt dan arus 12,8 mA sedangkan berat badan 63 kg menghasilkan tegangan 6,7 Volt dan arus 6,1 mA, jadi mempunyai selisih tegangan sebesar 7,1 Volt dan arus 6,7 mA. Saat rentang waktu 30 detik berat badan 82 kg menghasilkan tegangan sebesar 16,1 Volt dan arus 19,5 mA sedangkan berat badan 63 kg menghasilkan tegangan sebesar 9,9 Volt dan arus 9,2 mA, sehingga mempunyai selisih tegangan sebesar 6,2 Volt dan arus 10,3 mA.

- ii. Menggunakan metode *Jogging* yang diukur berdasarkan putaran pada treadmill yaitu dengan kecepatan 6,4 m/s

Tabel 3. Pengujian 30 buah piezoelektrik tersusun secara *Parallel* dengan kecepatan 6,4 m/s

No.	Berat Badan (kg)	Waktu 10 detik			Waktu 20 detik			Waktu 30 detik		
		Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)
1.	63	4,8	5,1	24,48	8,5	10	85	11,2	13,3	148,96
2.	71	7,6	7,5	57	10,8	12,1	130,68	14,8	17,2	254,56
3.	76	9,5	9,7	92,15	12,9	13,4	172,86	17,2	20,5	352,6
4.	82	11,8	12,3	145,14	15,4	15,9	244,86	18,1	24,6	445,26



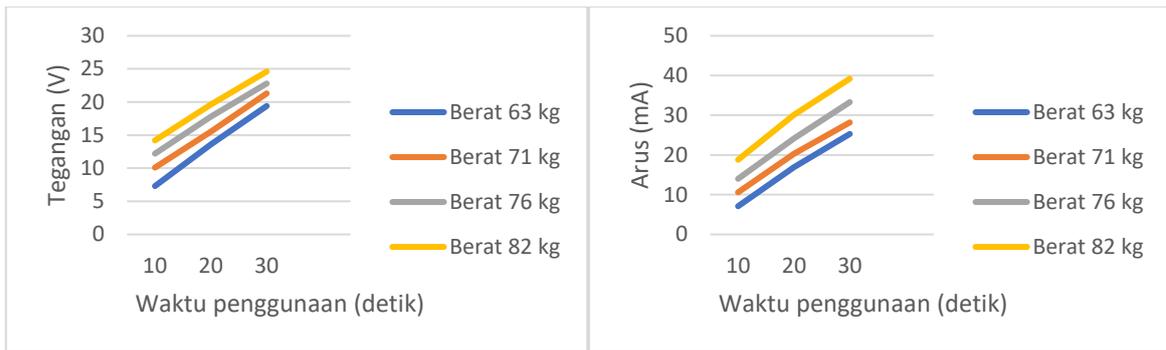
Gambar 9. Grafik tegangan dan arus dengan kecepatan 6,4 m/s

Gambar 9. dapat dilihat bahwa hasil keluaran terbesar yang dihasilkan oleh sensor piezoelektrik dengan kecepatan putar 6,4 m/s yaitu dengan berat badan 82 kg. Hasil keluaran yang paling kecil terdapat pada berat badan 63 kg. Selama rentang waktu 10 detik pertama berat badan 82 kg menghasilkan tegangan 11,8 Volt dan arus 12,3 mA sedangkan berat badan 63 kg menghasilkan tegangan 4,8 Volt dan arus 5,1 mA, sehingga memiliki selisih tegangan 7 Volt dan arus 7,2 mA. Saat rentang waktu 20 detik berat badan 82 kg menghasilkan tegangan 15,4 Volt dan arus 15,9 mA sedangkan berat badan 63 kg menghasilkan tegangan 8,5 Volt dan arus 10 mA, jadi mempunyai selisih tegangan sebesar 6,9 Volt dan arus 5,9 mA. Saat rentang waktu 30 detik berat badan 82 kg menghasilkan tegangan sebesar 18,1 Volt dan arus 24,6 mA sedangkan berat badan 63 kg menghasilkan tegangan sebesar 11,2 Volt dan arus 13,3 mA, sehingga mempunyai selisih tegangan sebesar 6,9 Volt dan arus 11,3 mA.

- iii. Menggunakan metode berjalan yang diukur berdasarkan putaran pada treadmill yaitu dengan kecepatan 9,7 m/s

Tabel 4. Pengujian 30 buah piezoelektrik tersusun secara *Parallel* dengan kecepatan 9,7 m/s

No.	Berat Badan (kg)	Waktu 10 detik			Waktu 20 detik			Waktu 30 detik		
		Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)
1.	63	7,3	7,1	51,83	13,6	16,9	229,84	19,4	25,3	490,82
2.	71	10,1	10,6	107,06	15,5	20,3	314,65	21,3	28,2	600,66
3.	76	12,5	14	175	17,8	24,2	430,76	22,8	33,3	759,24
4.	82	14,2	18,8	266,96	19,6	30,1	589,96	24,6	39,2	964,32



Gambar 10. Grafik tegangan dan arus dengan kecepatan 9,7 m/s

Gambar 10. dapat dilihat bahwa hasil keluaran terbesar yang dihasilkan oleh sensor piezoelektrik dengan kecepatan putar 9,7 m/s yaitu dengan berat badan 82 kg. Hasil keluaran paling kecil terdapat pada berat badan 63 kg. Selama rentang waktu 10 detik pertama berat badan 82 kg menghasilkan tegangan 14,2 Volt dan arus 18,8 mA sedangkan berat badan 63 kg menghasilkan tegangan 7,3 Volt dan arus 7,1 mA, sehingga memiliki selisih tegangan 6,9 Volt dan arus 11,7 mA. Saat rentang waktu 20 detik berat badan 82 kg menghasilkan tegangan 19,6 Volt dan arus 30,1 mA sedangkan berat badan 63 kg menghasilkan tegangan 13,6 Volt dan arus 16,9 mA, jadi mempunyai selisih tegangan sebesar 6 Volt dan arus 13,2 mA. Saat rentang waktu 30 detik berat badan 82 kg menghasilkan tegangan sebesar 24,6 Volt dan arus 39,2 mA sedangkan berat badan 63 kg menghasilkan tegangan sebesar 19,4 Volt dan arus 25,3 mA, sehingga mempunyai selisih tegangan sebesar 5,2 Volt dan arus 13,9 mA.

3.3.3 Analisis Perhitungan Daya Baterai 18650 Berdasarkan Hasil Pengujian

Baterai yang digunakan pada sistem penghasil listrik menggunakan sensor piezoelektrik merupakan baterai 18650. Baterai ini memiliki jenis baterai *Lithium-ion* yang dapat diisi ulang. Sistem ini mempunyai 3 buah baterai 18650 yang masing masing memiliki kapasitas 6000 mAh dan memiliki tegangan input 3,7 Volt. Untuk melakukan pengisian baterai ini dibutuhkan *Charging Module* digunakan untuk mencegah *Overcharging*. Rumus untuk menghitung pengisian baterai, kita dapat menggunakan rumus dibawah ini :

➤ Daya (P) :

$$P = V \times I \quad (1)$$

Dimana :

- P = Daya (W)
- V = Tegangan (V)
- I = Arus (A)
-

➤ Waktu Pengisian (t) :

$$t = \frac{C}{I} \quad (2)$$

Baterai 18650 biasanya memiliki efisiensi pengisian sekitar 95%, waktu pengisian sebenarnya mungkin lebih lama. Berikut rumus dengan efisiensi:

$$t_{eff} = \frac{C}{I \times \eta} \quad (3)$$

Dimana :

- t = Waktu pengisian (h)
- C = Kapasitas baterai (Ah)
- I = Arus pengisian (A)
- η = Efisiensi pengisian
- Total Energi yang Dibutuhkan (W) :

$$W = V \times C \quad (4)$$

Dimana :

- W = Energi (Wh)
- V = Tegangan nominal baterai (V)
- C = Kapasitas baterai (Ah)

C.1. Menghitung Waktu Pengisian 1 Baterai dengan kapasitas 6000 mAh

- i. Kecepatan 9,7 m/s selama waktu 30 detik
- Keluaran Tertinggi (Tegangan : 24,6 Volt dan Arus : 39,2 mA)

$$I_{selama\ 30\ detik} : 39,2\ mA$$

$$I_{selama\ 1\ jam} : 39,2 \times \frac{3600}{30}$$

$$: 4704\ mA$$

- Daya (P)
 $P = V \times I$
 $P = 3,7\ V \times 4,7\ A$
 $= 17,4\ W$
- Waktu Pengisian (t)

$$t = \frac{C}{I}$$

$$t = \frac{6000 \text{ mAh}}{4704 \text{ mA}}$$

t = 1,27 h atau 1 jam 16 menit

Ketika menggunakan efisiensi sekitar 95%, maka hasilnya :

$$t_{\text{eff}} = \frac{C}{I \times \eta}$$

$$t_{\text{eff}} = \frac{6000 \text{ mAh}}{4704 \times 0,95}$$

t_{eff} = 1,34 h atau 1 jam 20 menit

- Total Energi yang Dibutuhkan (E)

$$W = V \times C$$

$$W = 3,7 \text{ V} \times 6 \text{ Ah}$$

$$\mathbf{W = 22,2 \text{ Wh}}$$

Berikut ini merupakan tabel yang menggambarkan hasil perhitungan waktu pengisian baterai untuk beberapa skenario pengisian yang berbeda. Tabel ini mempertimbangkan berbagai kombinasi tegangan dan arus yang dihasilkan, daya, total energi yang dibutuhkan.

Tabel 5. Hasil perhitungan pengisian baterai dengan kecepatan 3,1 m/s

No.	Berat (kg)	Daya (Watt)	Waktu Pengisian dengan efisiensi 95%	Total energi (Wh)
1.	63	4,07	5 jam 42 menit	22,2
2.	71	5,55	4 jam 12 menit	22,2
3.	76	6,9	3 jam 24 menit	22,2
4.	82	8,51	2 jam 42 menit	22,2

Tabel 6. Hasil perhitungan pengisian baterai dengan kecepatan 6,4 m/s

No.	Berat (kg)	Daya (Watt)	Waktu Pengisian dengan efisiensi 95%	Total energi (Wh)
1.	63	5,92	4 jam	22,2
2.	71	7,6	3 jam 4 menit	22,2
3.	76	9,1	2 jam 34 menit	22,2
4.	82	10,9	2 jam 8 menit	22,2

Tabel 7. Hasil perhitungan pengisian baterai dengan kecepatan 9,7 m/s

No.	Berat (kg)	Daya (Watt)	Waktu Pengisian dengan efisiensi 95%	Total energi (Wh)
1.	63	11,1	2 jam 5 menit	22,2
2.	71	12,5	1 jam 52 menit	22,2
3.	76	14,8	1 jam 35 menit	22,2
4.	82	17,4	1 jam 20 menit	22,2

Hasil pengisian baterai dapat dilihat pada tabel diatas. Tabel diatas dapat dilihat bahwa berat 63 kg dengan kecepatan putar 3,1 m/s mempunyai waktu paling lama untuk mengisi baterai yaitu memakan waktu selama 5 jam 42 menit. Pengisian paling cepat diperoleh dari berat 82 kg kecepatan 9,7 m/s yaitu memakan waktu selama 1 jam 8 menit.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada treadmill manual sebagai penghasil listrik dengan menggunakan sensor piezoelektrik, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem penghasil listrik menggunakan sensor piezoelektrik ini memiliki tegangan keluaran yang cukup besar tetapi arus keluaran yang dihasilkan sangat kecil. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun sistem ini efektif dalam menghasilkan tegangan tinggi, namun arus yang dihasilkan sangat kecil, yang penting untuk keperluan pengisian daya dan perangkat lainnya.
2. Hasil keluaran tegangan dan arus dipengaruhi oleh kecepatan putar pada treadmill. Semakin cepat putaran pada treadmill, maka tekanan yang diberikan pada sensor piezoelektrik semakin besar. Tekanan yang lebih besar ini menghasilkan tegangan dan arus yang lebih tinggi. Oleh karena itu, kecepatan treadmill yang lebih tinggi akan menghasilkan produksi listrik yang lebih besar karena tekanan mekanis yang lebih kuat pada sensor.
3. Berat badan seseorang juga memengaruhi hasil keluaran tegangan dan arus. Semakin besar nilai berat badan, maka tegangan dan arus yang dihasilkan akan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh tekanan yang lebih besar yang diberikan pada sensor piezoelektrik saat seseorang dengan berat badan lebih besar berjalan atau berlari di atas treadmill.

4. Pengujian dengan menggunakan 3 kecepatan yang berbeda, tegangan yang dihasilkan akan terus bertambah seiring dengan berjalannya waktu. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan treadmill yang lebih tinggi akan menghasilkan tegangan yang semakin besar, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam pengumpulan listrik.
5. Hasil analisis perhitungan menunjukkan bahwa metode berlari dengan kecepatan 9,7 m/s dan berat badan 82 kg menghasilkan tegangan dan arus terbesar, yaitu 24,6 Volt dan 39,2 mA selama 30 detik. Ini cukup untuk mengisi baterai 6000 mAh dalam waktu 1 jam 20 menit. Sebaliknya, metode berjalan dengan kecepatan 3,1 m/s dan berat badan 63 kg menghasilkan tegangan dan arus terendah, yaitu 9,9 Volt dan 9,2 mA, yang memerlukan 5 jam 42 menit untuk mengisi baterai yang sama.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian keluaran yang dihasilkan oleh sensor piezoelektrik mempunyai tegangan yang cukup besar tetapi arus yang dihasilkan sangatlah kecil. Agar memiliki keluaran arus yang lebih besar, disarankan untuk mengombinasikan sensor piezoelektrik dengan generator pada putaran treadmill. Energi mekanik dari putaran treadmill dapat diubah menjadi energi listrik dengan tegangan dan arus yang lebih signifikan sehingga meningkatkan efisiensi dan keluaran listrik secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Gamayel, A., Hariyanto, H., Supriadi, A., Komalasari, K., Studi Teknik Mesin, P., Teknologi dan Kesehatan Jakarta, J. J., & Gede, P. (2019). Pemanfaatan kelereng sebagai media tumbuk pada piezoelektrik pemanen energi. *Prosiding Abstrak-Piezoelektrik*, 4. <https://doi.org/10.22236/teknoka.v%vi%i.4285>
- Hariyono, D. Y., & Nazaruddin. (2023). Pemanfaatan sensor piezoelektrik sebagai penghasil sumber energi listrik alternatif menggunakan tetesan air hujan. *Jurnal*, 20(2). <https://doi.org/10.31258/jkfi.20.2.179-186>
- Hidayatullah, W., & Syukri, M. (2016). Perancangan prototype penghasil energi listrik berbahan dasar piezoelektrik. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 1(3).
- Ichsanudin, A. M. P., Hamdani, M. F. H., Prakoso, M. L. T., Nugraha, S. S., & Fu'adin, A. (2024). Pandangan mahasiswa terkait pentingnya olahraga bagi kesehatan. *Pubmedia Jurnal Pendidikan Olahraga*, 1(2), 10. <https://doi.org/10.47134/jpo.v1i2.283>
- Maulana, R., & Hasyim Asy'ari, H., S.T., M.T. (2016). Pemanfaatan sensor piezoelektrik sebagai penghasil sumber energi pada sepatu. *Skripsi*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Mowaviq, M. I., Junaidi, A., Purwanto, D. S., & Tinggi Teknik - Pln, S. (2018). Lantai pemanen energi listrik menggunakan piezoelektrik. *Jurnal Energi & Kelistrikan*, 10(2)
- Prasetyo, D. A., & Pradistia, R. F. (2022). Pemanfaatan sensor piezoelektrik sebagai penghasil sumber energi dengan tekanan anak tangga. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 55–64. <https://doi.org/10.23917/emitor.v22i1.15140>

- Putra, T. H., Fatkhurrokhman, M., & Darmawan, I. A. (2023). Miniatur jembatan penyebrangan menggunakan sensor piezoelektrik sebagai penghasil listrik. *Skripsi*, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (Vol. 6, Issue 5). <http://jiip.stkipyapisdmpu.ac.id>
- Rahmawati, Farisal, J., Kunci - Buck Converter, K., Thief, J., & Energi, P. (2018). Lantai pembangkit listrik menggunakan piezoelektrik dengan buck converter LM2596. *Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEI)*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
- Ramadhan, D. (2022). Desain sarana kebugaran dengan fasilitas kinetic charging handphone studi lokasi Polman Negeri Bangka Belitung. *Laporan Proyek Akhir*, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
- Ratih, R. M., Yasyak, M. I., Nugroha, H., & Fadlilah, U. (2020). Powerbank piezoelektrik menggunakan tekanan tangan. *Jurnal Teknik Elektro*, 20.
- Rohman, M., Saifur, M., & Supardi, A., S.T., M.T. (2021). Lantai piezoelektrik sebagai penghasil sumber energi listrik dengan memanfaatkan pijakan kaki. *Skripsi*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sutadharma, W., & Rizal, A. (2021). U-Bike UMN self-powered indoor trainer bike. *Transmisi, Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 23(3), 112–118. <https://doi.org/10.14710/transmisi.23.3.112-118>
- Wijanto, E., Harsono, B., Renandy, R., Septian, A., & Sutanto, K. (2018). Pengujian sistem konversi energi suara menjadi energi listrik menggunakan piezoelektrik. *Jurnal Ilmiah Elektronika*.
- Yulia, E., Permana Putra, E., Estiyanti Ekawati, I., & Nugraha, I. (2016). Polisi Tidur Piezoelektrik Sebagai Pembangkit Listrik dengan Memanfaatkan Energi Mekanik Kendaraan Bermotor. *Jurnal Otomasi Kontrol dan Industri* 8(1).