

BAB IV

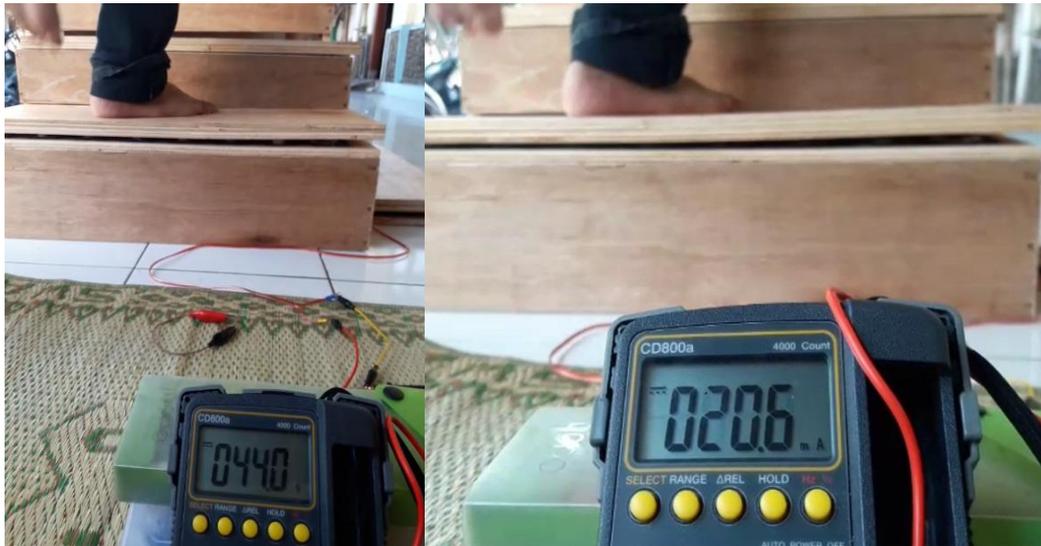
HASIL PERANCANGAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Tangga Penghasil Listrik berbasis Piezoelektrik

Tangga penghasil listrik yang diuji berdasarkan hasil pemilihan desain sesuai yang dilakukan pada BAB III, yaitu: pada tangga penghasil listrik terdapat 4 buah panel, setiap panel memiliki ukuran 70 cm x 25 cm x 5 cm, sehingga setiap panel terdapat 40 elemen piezoelektrik yang diletakkan pada bantalan lunak dan dirangkai paralel serta setiap elemen dilapisi dengan busa putih setebal 0,5 cm dan busa ati 0,3 cm.

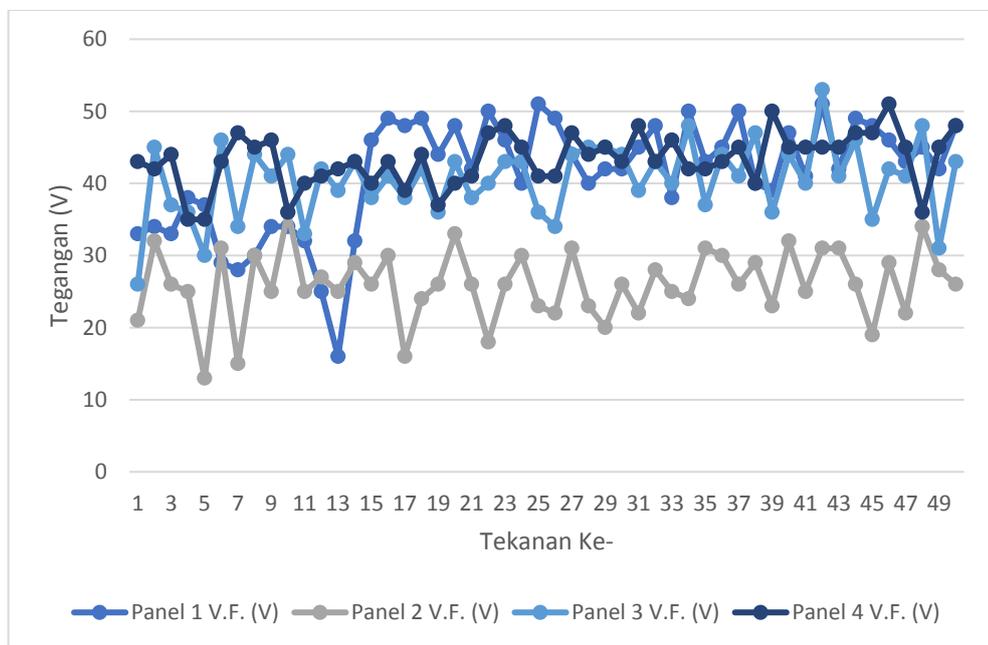
4.1.1 Pengujian Panel Anak Tangga

Pada prototipe tangga yang dibuat terdapat panel-panel anak tangga. Setiap panel anak tangga terdapat 40 piezoelektrik diatas bantalan busa ati yang dirangkai paralel serta dilapisi dengan busa putih, busa ati dan tripleks. Pengujian yang dilakukan dengan menginjak setiap panel anak tangga dengan ketinggian 20 cm dengan berat badan menginjak adalah 70 kg. Penginjakan atau penekanan yang dilakukan sebanyak 50 kali untuk mendapatkan variasi data dan data yang didapatkan menjadi lebih akurat. Pengukuran tegangan dan arus tidak dilakukan secara bersamaan dikarenakan keterbatasan alat ukur. Mekanisme pengukuran yang dilakukan yaitu, panel anak tangga diletakkan pada anak tangga pertama (bawah) kemudian diinjak dari bawah ke atas dan dari atas ke bawah terus menerus selama 50 kali pijakan. Di bawah ini merupakan gambar saat dilakukan pengujian:

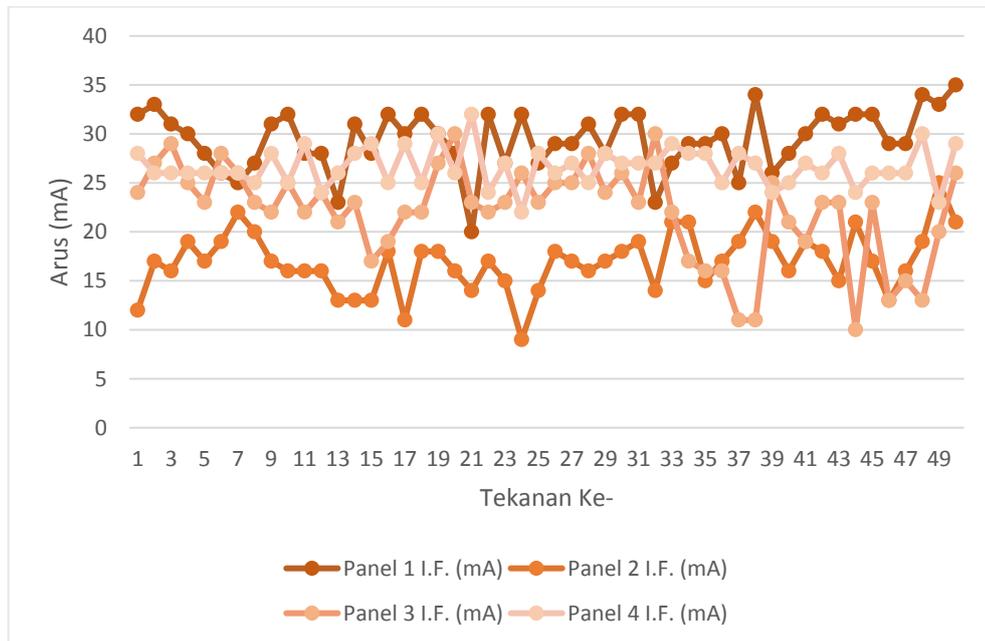


Gambar 4.1 Pengujian Tegangan dan Arus pada Panel Anak Tangga

Dari pengujian yang dilakukan seperti gambar di atas, maka dihasilkan tegangan dan arus dari 4 buah panel anak tangga. Berikut ini merupakan grafik dari hasil pengujian tegangan dan arus yang dilakukan pada 4 buah panel anak tangga:



Gambar 4.2 Grafik Pengujian Tegangan pada Panel Anak Tangga



Gambar 4.3 Grafik Pengujian Arus pada Panel Anak Tangga

Seperti yang terlihat pada hasil pengujian pada grafik diatas, terlihat nilai tegangan pada setiap pijakan tidak selalu sama dan setiap panel anak tangga memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam menghasilkan nilai tegangan maupun arus. Perbedaan nilai yang dihasilkan pada masing-masing panel dikarenakan elemen piezoelektrik yang digunakan memiliki karakteristik yang berbeda-beda pula. Selain itu, dapat dipengaruhi oleh pemasangan kabel maupun konfigurasi yang dilakukan.

Apabila diperhatikan, pada saat pijakan kedua dan kelipatannya nilai tegangan maupun arus yang dihasilkan akan lebih besar. Hal ini dikarenakan saat pijakan kedua dan kelipatannya tersebut arah pijakan dari atas ke bawah sehingga besar tekanan akan lebih besar dan akan menghasilkan nilai tegangan maupun arus yang lebih besar. Nilai rata-rata tegangan tertinggi dihasilkan oleh panel 4, yaitu 43,3 V sedangkan rata-rata nilai arus tertinggi yang dihasilkan oleh panel 1, yaitu 29,44 mA. Nilai rata-rata tegangan dan arus terendah dihasilkan oleh panel 2, yaitu 26,02 V dan 16,98 mA.

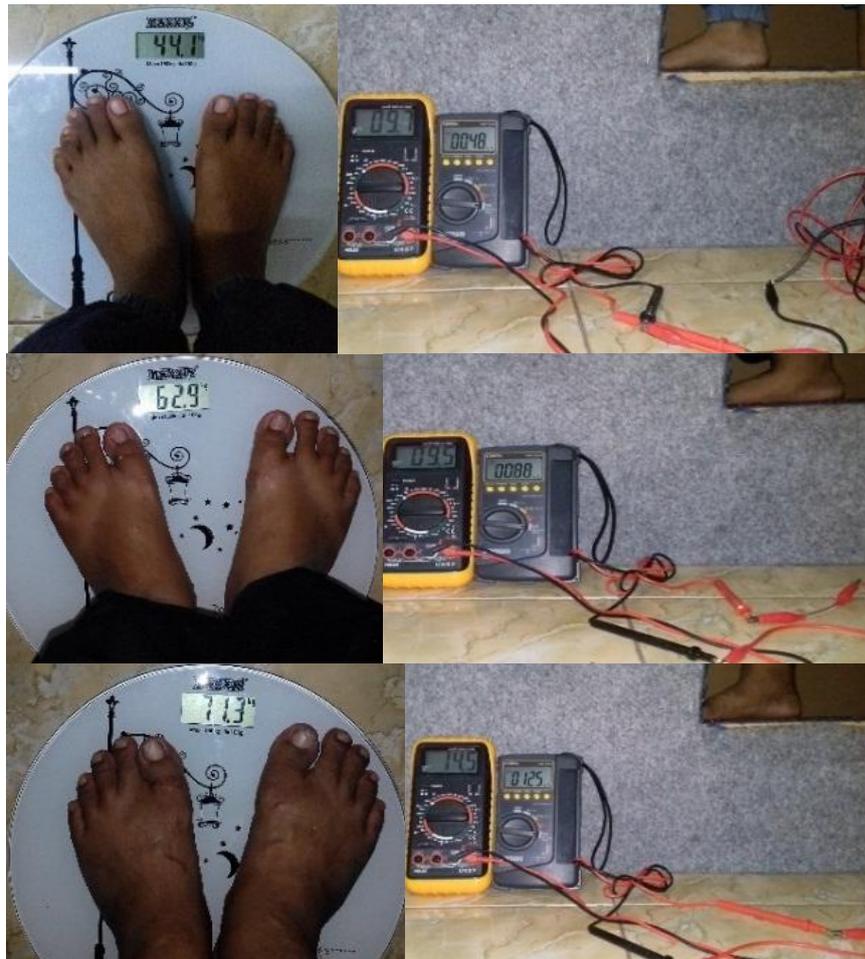
Panel 2 memiliki keluaran tegangan dan arus paling rendah karena panel 2 merupakan panel pertama yang dibuat, sehingga busa putih (*polyfoam*) yang

digunakan sudah kempes karena terlalu sering diinjak. Busa putih (*polyfoam*) merupakan bahan yang lunak, akan tetapi bahan akan cepat kempes karena bentuk bahannya sedikit berongga. Selain itu, rendahnya keluaran tegangan dan arus pada panel 2 dipengaruhi oleh adanya beberapa elemen piezoelektrik yang mengalami kerusakan.

4.1.2 Pengujian Panel Anak Tangga dengan Beda Berat Badan

Pada pengujian anak tangga selanjutnya diinjak dengan berat badan yang berbeda. Berat badan yang digunakan dalam pengujian tersebut yaitu: 44,1 kg, 62,9 kg dan 71,3 kg. Setiap berat badan akan melakukan pijakan sebanyak 10 kali pijakan pada setiap panelnya. Saat dilakukan pengujian, setiap panel anak tangga diletakkan pada anak tangga pertama (bawah) secara bergantian. Cara menginjak panel anak tangga hanya dilakukan dari satu sisi, yaitu dari bawah ke atas karena bila menggunakan kedua sisi akan menghasilkan data yang tidak stabil seperti pada pengujian yang dilakukan sebelumnya.

Selain itu, dalam melakukan pengujian tersebut digunakan dua buah multimeter. Multimeter Heles akan mengukur nilai tegangan, sedangkan multimeter Sanwa akan mengukur nilai arus. Hal tersebut bertujuan untuk dapat melihat hasil nilai tegangan dan arus secara bersamaan dan dapat diketahui jumlah daya yang akan dihasilkan. Berikut ini merupakan gambar saat dilakukan pengujian panel anak tangga dengan berat badan yang berbeda:



Gambar 4.4 Pengujian Panel Anak Tangga dengan Beda Berat Badan

Dari pengujian pada panel anak tangga dengan beda berat badan menghasilkan 10 nilai tegangan dan arus. Nilai tegangan dan dan arus tersebut kemudian diambil rata-ratanya. Di bawah ini merupakan tabel nilai rata-rata pengujian tegangan dan arus pada panel anak tangga dengan beda berat badan:

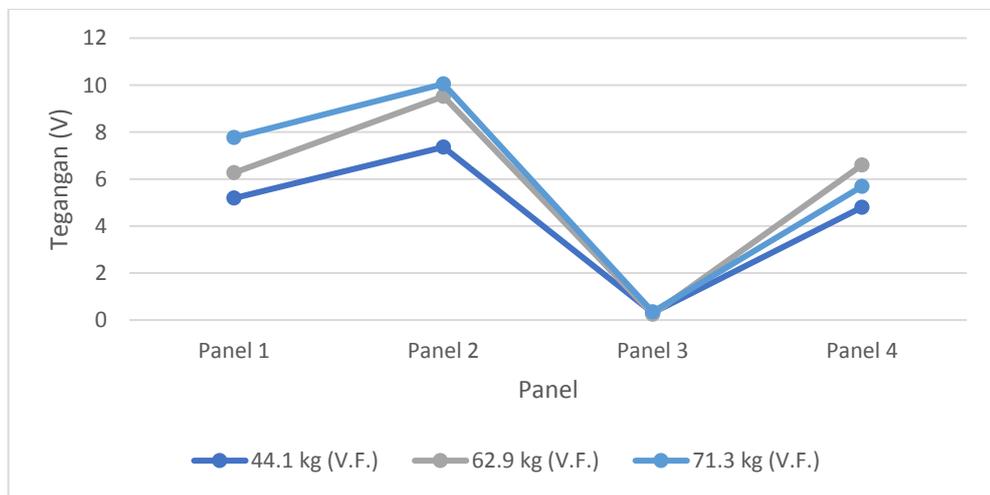
Tabel 4.1 Nilai Rata-rata Pengujian Tegangan pada Panel Anak Tangga dengan Beda Berat Badan

Berat Badan	Panel 1 (V)	Panel 2 (V)	Panel 3 (V)	Panel 4 (V)	Rata-rata (V)
44.1 kg (V.F.)	5.19	7.36	0.31	4.8	4.415
62.9 kg (V.F.)	6.27	9.52	0.25	6.6	5.66
71.3 kg (V.F.)	7.77	10.05	0.35	5.69	5.965

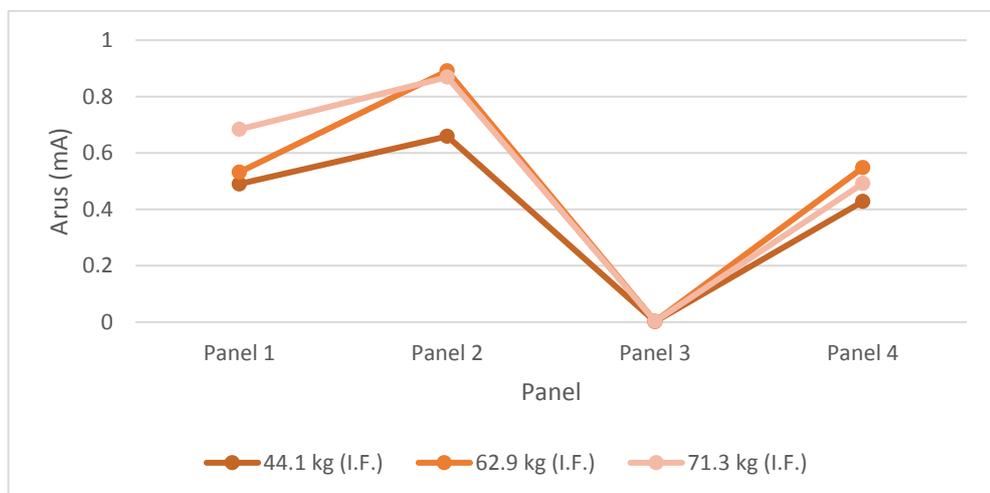
Tabel 4.2 Nilai Rata-rata Pengujian Arus pada Panel Anak Tangga dengan Beda Berat Badan

Berat Badan	Panel 1 (mA)	Panel 2 (mA)	Panel 3 (mA)	Panel 4 (mA)	Rata-Rata (mA)
44.1 kg (I.F.)	0.49	0.659	0.002	0.428	0.39475
62.9 kg (I.F.)	0.532	0.891	0.003	0.548	0.4935
71.3 kg (I.F.)	0.684	0.869	0.003	0.492	0.512

Selain dalam bentuk tabel, data hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik agar perbedaan nilai yang dihasilkan terlihat lebih jelas. Berikut ini merupakan grafik yang dihasilkan dari nilai rata-rata tegangan dan arus:



Gambar 4.5 Grafik Pengujian Tegangan pada Panel Anak Tangga dengan Beda Berat Badan



Gambar 4.6 Grafik Pengujian Arus pada Panel Anak Tangga dengan Beda Berat Badan

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa setiap panel memiliki hasil nilai tegangan maupun arus yang berbeda-beda. Nilai rata-rata tersebut kemudian dicari nilai rata-rata berdasarkan berat badan. Hasil nilai rata-rata berdasarkan berat badan menghasilkan nilai rata-rata yang berbeda. Nilai rata-rata tegangan maupun arus tertinggi dari dihasilkan dari pengujian menggunakan berat badan 71,3 kg yaitu 5.965 V dan 0.512 mA. Sedangkan, nilai rata-rata tegangan dan arus terendah yang dihasilkan dari pengujian tersebut saat menggunakan berat badan 44,1 kg yaitu 4.415 V dan 0.39475 mA. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin besar berat badan yang digunakan untuk menginjak, maka semakin besar pula tegangan maupun arus yang dihasilkan.

Apabila diperhatikan dari ketiga pengujian menggunakan beda berat badan panel 3 menghasilkan tegangan maupun arus yang paling kecil. Hal tersebut dikarenakan elemen piezoelektrik pada panel 3 pada saat diinjak lebih banyak menghasilkan tegangan dan arus negatif daripada tegangan dan arus positif. Terjadinya hal tersebut dipengaruhi oleh sambungan elemen piezoelektrik yang kurang pas.

Selain itu apabila dibandingkan dengan hasil pengujian panel anak tangga sebelumnya didapatkan hasil yang sangat berbeda walaupun dengan berat badan yang hampir sama. Berikut ini merupakan tabel perbandingan nilai yang dihasilkan dari pengujian panel anak tangga (70 kg) dengan pengujian panel anak tangga berdasarkan berat badan 71,3 kg:

Tabel 4.3 Perbandingan Pengujian Panel Anak Tangga dan Berdasarkan Berat Badan 71,3 kg

Panel	70 kg				71.3 kg			
	V.F. (V)	V.R. (V)	I.F. (mA)	I.R. (mA)	V.F. (V)	V.R. (V)	I.F. (mA)	I.R. (mA)
Panel 1	41.3	-12.02	29.44	-1.66	7.77	-5.49	0.684	-0.197
Panel 2	26.02	-21.88	16.98	-4.72	10.05	-6.29	0.869	-0.216
Panel 3	40.58	-8.88	22.02	-3.6	0.35	-0.11	0.003	-0.005
Panel 4	43.3	-9.22	26.64	-1.48	5.69	-3.14	0.492	-0.09
Rata-rata	37.8	-13	23.77	-2.865	5.965	-3.7575	0.512	-0.127

Perbedaan nilai yang dihasilkan terjadi karena rangkaian pengukuran yang digunakan saat pengujian panel anak tangga (70 kg) menggunakan 1 multimeter, sehingga dalam mengukur nilai tegangan maupun arus harus dilakukan secara bergantian. Sedangkan saat pengujian panel anak tangga berdasarkan berat badan 71,3 kg dilakukan menggunakan 2 multimeter sekaligus untuk mengetahui nilai tegangan maupun arus. Perbedaan jumlah alat ukur yang digunakan dapat mempengaruhi hasil. Hal tersebut disebabkan setiap alat ukur memiliki hambatan dalam. Apabila jumlah alat ukur yang digunakan lebih banyak maka, nilai hambatan dalam menjadi semakin besar dan akan mengakibatkan nilai tegangan maupun arus menjadi kecil. Seperti yang terlihat pada tabel perbandingan, bahwa nilai yang dihasilkan dari pengujian panel anak tangga berdasarkan berat badan 71,3 kg lebih kecil dibandingkan dengan pengujian panel anak tangga (70 kg).

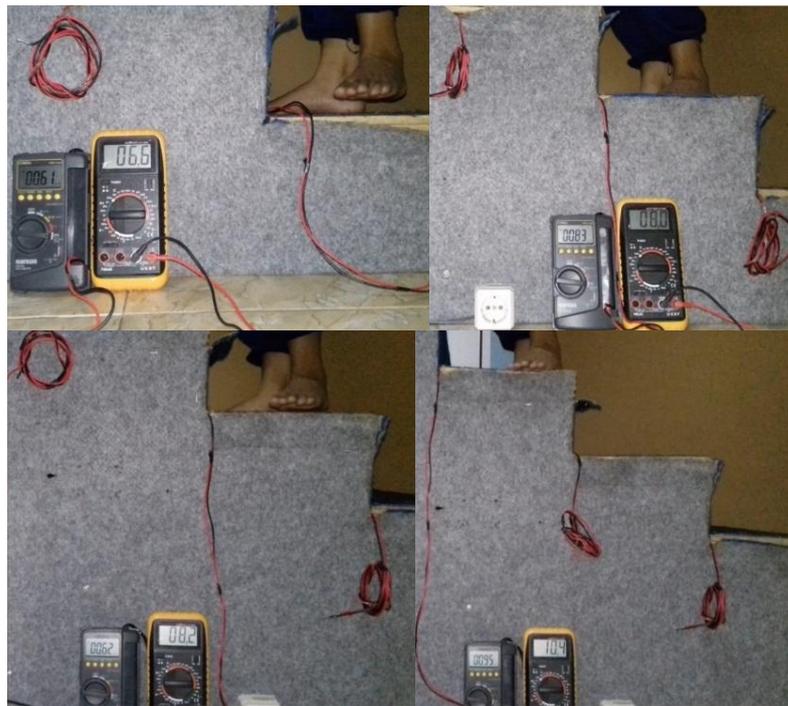
Selain itu, perbedaan hasil dapat dipengaruhi adanya perbaikan dan penggantian elemen piezoelektrik. Panel-panel yang telah diuji pada pengujian panel anak tangga (70 kg) dilakukan perbaikan karena beberapa elemen piezoelektrik mengalami kerusakan (pecah) dan kabel putus, sehingga beberapa elemen piezoelektrik tersebut diganti dengan elemen baru yang kemungkinan memiliki kualitas yang lebih rendah. Selain itu, beberapa kabel juga diganti menggunakan kabel jenis baru. Setelah proses maintenance dan penggantian kemudian dilakukan pengujian panel anak tangga berdasarkan beda berat badan.

4.1.3 Pengujian Panel Anak Tangga dengan Beda Ketinggian

Pengujian yang dilakukan selanjutnya yaitu menggunakan beda ketinggian. Pada pengujian tersebut hanya menggunakan salah satu panel anak tangga. Panel anak tangga yang digunakan yaitu panel anak tangga nomor 2 karena dari pengujian yang telah dilakukan panel tersebut menghasilkan keluaran tegangan maupun arus tertinggi. Dalam pengujian ini panel anak tangga 2 diletakkan diatas anak tangga pertama, kedua, ketiga hingga keempat.

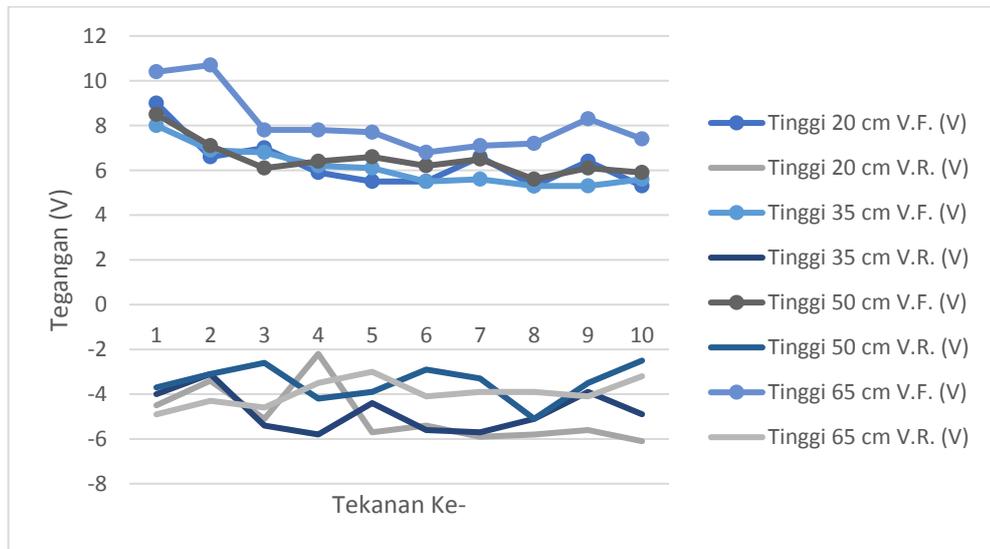
Masing-masing anak tangga memiliki ketinggian yang berbeda-beda. Anak tangga pertama memiliki ketinggian 20 cm, anak tangga kedua memiliki ketinggian 35 cm, anak tangga ketiga memiliki ketinggian 50 cm dan anak tangga keempat

memiliki ketinggian 65 cm. Pada setiap ketinggian dilakukan pijakan sebanyak 10 kali dengan berat badan penginjak 44,1 kg. Selain itu, pada pengujian tersebut menggunakan 2 buah multimeter untuk mengukur tegangan dan arus. Berikut ini merupakan gambar saat dilakukan pengujian panel anak tangga dengan beda ketinggian:

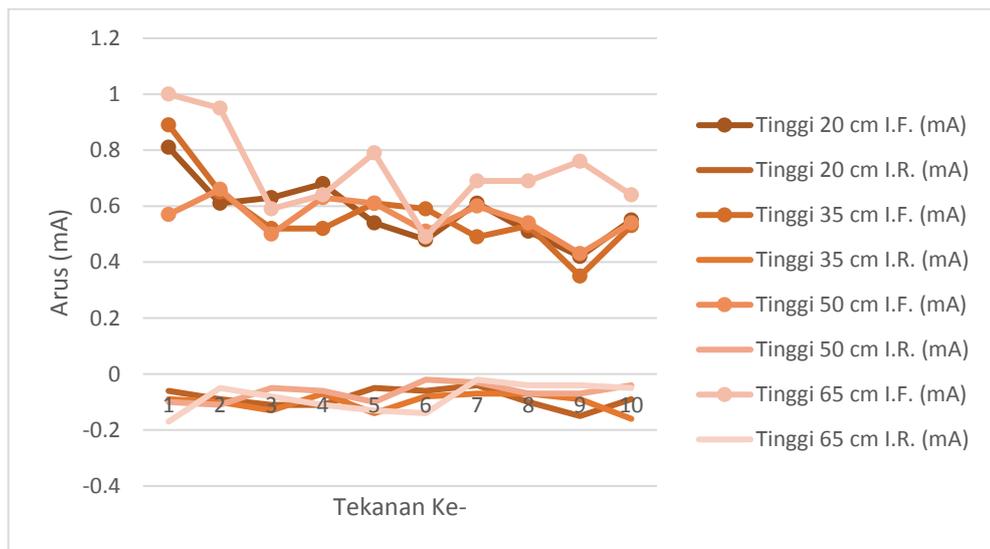


Gambar 4.7 Pengujian Panel Anak Tangga dengan Beda Ketinggian

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, terdapat 10 data tekanan dengan 4 macam beda ketinggian. Untuk dapat melihat hasil dari pengujian yang telah dilakukan maka dibuat grafik. Berikut ini merupakan grafik dan hasil pengujian tegangan dan dan arus pada panel anak tangga dengan beda ketinggian:



Gambar 4.8 Grafik Pengujian Tegangan pada Panel Anak Tangga dengan Beda Ketinggian



Gambar 4.9 Grafik Pengujian Arus dengan Panel Anak Tangga dengan Beda Ketinggian

Selain dibuat grafik, dari data yang dihasilkan dibuat tabel nilai rata-rata hasil pengujian panel anak tangga dengan beda ketinggian. Di bawah ini merupakan tabel nilai rata-rata hasil pengujian panel anak tangga dengan beda ketinggian:

Tabel 4.4 Nilai Rata-Rata Hasil Pengujian Panel Anak Tangga dengan Beda Ketinggian

Tinggi (cm)	Panel 2			
	V.F. (V)	V.R. (V)	I.F. (mA)	I.R. (mA)
20	6.31	-4.97	0.584	-0.086
35	6.13	-4.79	0.568	-0.1
50	6.5	-3.48	0.559	-0.065
65	8.12	-3.95	0.724	-0.083

Dari data pada tabel di atas, kemudian dilakukan perhitungan nilai daya yang didapatkan pada setiap ketinggian. Untuk mengetahui nilai daya tersebut, maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = V.I..... (4.1)$$

dimana,

P = daya (W),

V = tegangan (V),

I = arus (A).

Berikut ini merupakan perhitungan daya yang didapatkan dari pada masing-masing ketinggian:

a. Daya (20 cm)

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 6,31 \text{ V} \times 0,000584 \text{ A} \\
 &= 0,0037 \text{ W}
 \end{aligned}$$

b. Daya (35 cm)

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 6,13 \text{ V} \times 0,000568 \text{ A} \\
 &= 0,0035 \text{ W}
 \end{aligned}$$

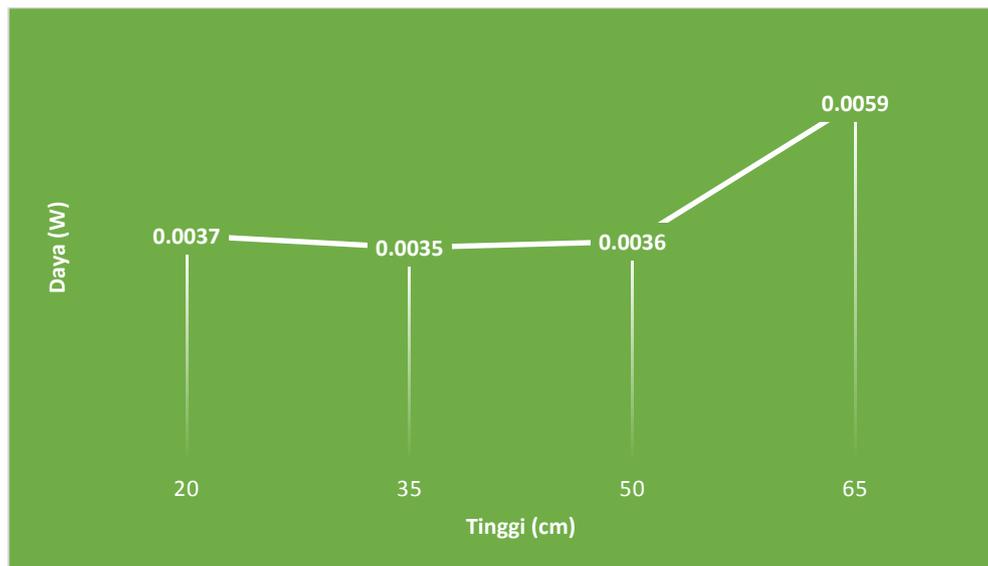
c. Daya (50 cm)

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 6,5 \text{ V} \times 0,000559 \text{ A} \\ &= 0,0036 \text{ W} \end{aligned}$$

d. Daya (65 cm)

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 8,12 \text{ V} \times 0,000724 \text{ A} \\ &= 0,0059 \text{ W} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan di atas kemudian dibuat grafik. Berikut ini merupakan gambar grafik daya yang dihasilkan dari empat ketinggian yang berbeda:



Gambar 4.10 Grafik Daya pada Panel Anak Tangga dengan Beda Ketinggian

Berdasarkan data di atas maka, dapat diketahui bahwa nilai tegangan maupun arus yang dihasilkan oleh panel anak tangga dengan beda ketinggian memiliki nilai yang berbeda pula, sehingga nilai daya yang dihasilkan juga berbeda. Dari hasil perhitungan daya yang telah dilakukan, nilai daya tertinggi dihasilkan

pada saat ketinggian 65 cm, mencapai 0,0059 W. Sedangkan nilai daya terendah ada pada saat panel berada pada ketinggian 35 cm, dengan 0,0035 W.

Pada saat menginjak atau berjalan pada tangga maka akan ada energi potensial. Seperti yang telah dijelaskan pada landasan teori bahwa, Energi potensial merupakan energi yang dimiliki benda karena ketinggian benda tersebut, dan dapat disebut juga sebagai energi potensial gravitasi. Energi potensial gravitasi dipengaruhi oleh massa benda, gravitasi dan ketinggian. Semakin berat maupun semakin tinggi sebuah benda ditempatkan maka energi potensial yang dimiliki akan semakin besar. Untuk mengetahui nilai dari energi yang dihasilkan pada masing-masing ketinggian maka dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 2.2. Berikut ini merupakan contoh perhitungan energi potensial dari masing-masing ketinggian dengan berat badan tetap 44,1 kg:

- a. Energi Potensial Tinggi 20 cm

$$\begin{aligned} E_p &= m \times g \times h \\ &= 44,1\text{kg} \times 9,807\text{m/s}^2 \times 0,2\text{m} \\ &= 86,5 \text{ J} \end{aligned}$$

- b. Energi Potensial Tinggi 35 cm

$$\begin{aligned} E_p &= m \times g \times h \\ &= 44,1\text{kg} \times 9,807\text{m/s}^2 \times 0,35\text{m} \\ &= 151,4 \text{ J} \end{aligned}$$

- c. Energi Potensial Tinggi 50 cm

$$\begin{aligned} E_p &= m \times g \times h \\ &= 44,1\text{kg} \times 9,807\text{m/s}^2 \times 0,5\text{m} \\ &= 216,3 \text{ J} \end{aligned}$$

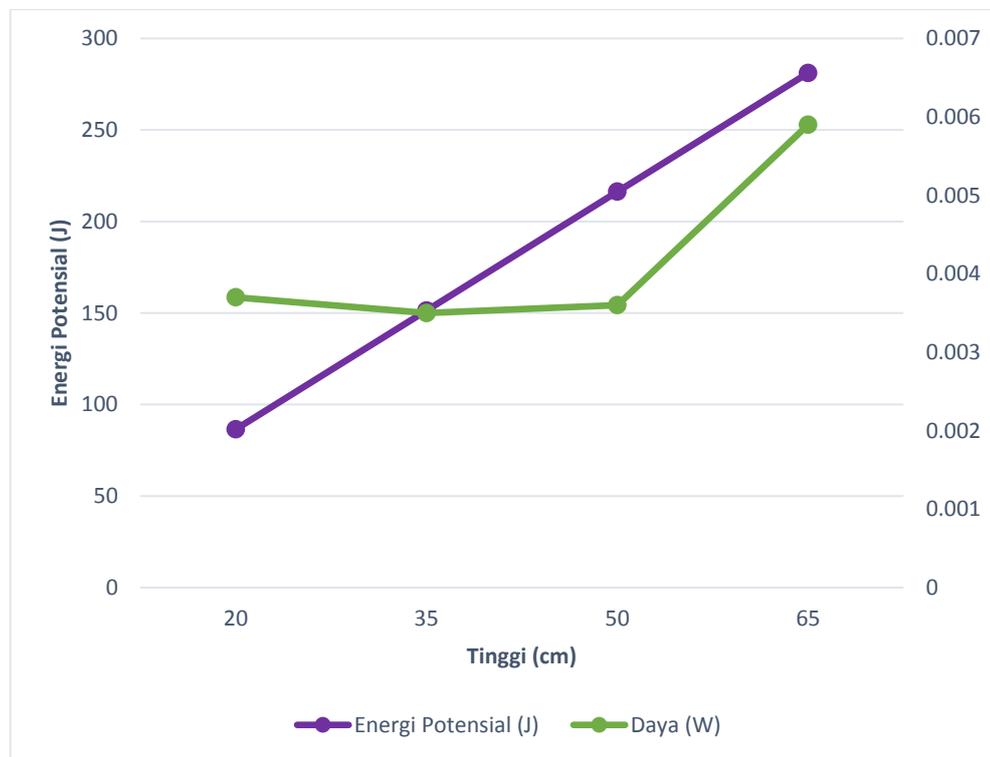
- d. Energi Potensial Tinggi 65 cm

$$E_p = m \times g \times h$$

$$= 44,1\text{kg} \cdot 9,807\text{m/s}^2 \cdot 0,65\text{m}$$

$$= 281,1 \text{ J}$$

Nilai daya yang telah dihitung kemudian dibandingkan dengan nilai perhitungan dari energi potensial. Berikut ini merupakan grafik hasil perbandingan nilai daya, nilai energi potensial dan ketinggian:



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Nilai Daya, Energi Potensial dan Ketinggian

Grafik perbandingan di atas menunjukkan bahwa, nilai energi potensial dan daya yang paling tinggi berada pada saat ketinggian 65 cm yaitu 281,1 J dan 0,0059 W. Sedangkan nilai energi potensial dan daya yang terendah pada saat ketinggian 20 cm dan 35 cm yaitu 86,5 J dan 0,0035 W. Perbedaan posisi yang nilai terendah tersebut dipengaruhi oleh tinggi anak tangga pertama dan anak tangga kedua. Pada anak tangga pertama memiliki tinggi 20 cm dari lantai, sedangkan pada anak tangga kedua memiliki tinggi 15 cm dari anak tangga pertama. Dari perbedaan tersebut terlihat bahwa anak tangga pertama lebih tinggi bila dibandingkan dengan anak

tangga kedua, hal inilah yang menyebabkan nilai daya pada anak tangga pertama (20 cm) lebih tinggi daripada anak tangga kedua (35 cm). Semakin tinggi sebuah benda, maka nilai energi potensialnya akan semakin besar, sehingga hal tersebut akan berbanding lurus dengan nilai daya yang dihasilkan.

4.2 Daya yang Dihasilkan Tangga Penghasil Listrik berbasis Piezoelektrik

Di bawah ini merupakan bentuk dari prototipe tangga penghasil berbasis piezoelektrik listrik setelah diuji dan dirapikan:



Gambar 4.12 Tangga Penghasil Listrik berbasis Piezoelektrik

Dari keempat buah panel anak tangga pada prototipe tangga penghasil listrik dapat menghasilkan daya. Salah satu hal yang mempengaruhi besar kecilnya daya yang dihasilkan adalah berat badan. Pada perhitungan daya di bawah ini akan menggunakan hasil tegangan dan arus saat pengujian dengan berat badan 44,1 kg, sesuai dengan tabel 4.1 dan tabel 4.2. Untuk melakukan perhitungan daya dapat

dilakukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Berikut adalah daya yang dapat dihasilkan dari tangga penghasil listrik berbasis dengan berat badan 44,1 kg:

Tabel 4.5 Tegangan dan Arus pada 4 Panel Anak Tangga dengan Berat Badan 44,1 kg

Berat Badan	Panel 1	Panel 2	Panel 3	Panel 4
44.1 kg (V)	5.19	7.36	0.31	4.8
44.1 kg (mA)	0.49	0.659	0.002	0.428

a. Daya Panel 1

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 5,19 \text{ V} \times 0,00049 \text{ A} \\
 &= 0.0025 \text{ W}
 \end{aligned}$$

b. Daya Panel 2

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 7,36 \text{ V} \times 0,000659 \text{ A} \\
 &= 0.00485 \text{ W}
 \end{aligned}$$

c. Daya Panel 3

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 0,31 \text{ V} \times 0,000002 \text{ A} \\
 &= 0.00000062 \text{ W}
 \end{aligned}$$

d. Daya Panel 4

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 4,8 \text{ V} \times 0,000428 \text{ A} \\
 &= 0.00205 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Daya yang dihasilkan panel anak tangga 3 sangat kecil, sehingga panel tersebut dianggap rusak dan tidak masuk dalam perhitungan total daya yang dihasilkan tangga penghasil listrik berbasis piezoelektrik seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned}
\text{Total Daya} &= \text{Daya Panel 1} + \text{Daya Panel 2} + \text{Daya Panel 4} \\
&= 0,0025 \text{ W} + 0,00485 \text{ W} + 0,00205 \text{ W} \\
&= 0,0094 \text{ W}
\end{aligned}$$

Jadi, daya yang dapat dihasilkan dari tangga penghasil listrik berbasis piezoelektrik adalah 0,0094 W atau 9,4 mW.

Apabila tangga tersebut diterapkan pada tangga bangunan dengan tinggi 15 meter maka, pada bangunan tersebut terdapat 100 anak tangga. Ketika tangga tersebut digunakan oleh seseorang dengan berat badan 44,1 kg maka, daya yang dihasilkan adalah:

$$\begin{aligned}
\text{a. Rata-rata Daya} &= \frac{\text{Total Daya}}{3} \\
&= \frac{0,0094 \text{ W}}{3} \\
&= 0,00313 \text{ W}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{b. Daya 100 Anak Tangga} &= \text{Jumlah Anak Tangga} \times \text{Rata-rata Daya} \\
&= 100 \times 0,00313 \text{ W} \\
&= 0,313 \text{ W}
\end{aligned}$$

Jadi daya yang dapat dihasilkan dari 100 buah anak tangga pada bangunan setinggi 15 meter yang digunakan oleh seseorang dengan berat badan 44,1 kg adalah 0,313 W atau 313 mW.

Berikut ini merupakan tabel perbandingan antara hasil pengelitan yang dilakukan ini dengan penelitian yang telah dilakukan dulu:

Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Penelitian yang dilakukan

Kriteria	Perancangan dan Pembuatan Tangga Penghasil Listrik berbasis Piezoelektrik	<i>Energy Harvesting Using Piezoelectricity (Renewable and Sustainable Energy Conversion Using Piezoelectric Transducers)</i>
Daya	0,08 mW/piezo	2,25 mW/piezo
Alas	Ada (Bantalan lunak)	Tidak ada
Lapisan penekan/pelindung	Busa ati dan busa putih (hampir menyelimuti seluruh elemen)	Silikon (ditengah)
Tekanan	44,1 kg	Tidak disebutkan

Hasil perancangan yang telah diperoleh kemudian dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu tentang *Energy Harvesting Using Piezoelectricity (Renewable and Sustainable Energy Conversion Using Piezoelectric Transducers)*. Kedua penelitian ini, elemen piezoelektrik sama-sama dirangkai secara paralel.

Dari perbandingan tersebut diketahui bahwa daya yang dihasilkan dari penelitian *Energy Harvesting Using Piezoelectricity (Renewable and Sustainable Energy Conversion Using Piezoelectric Transducers)* lebih besar. Hal tersebut dipengaruhi oleh penggunaan lapisan silikon yang ditempatkan pada bagian tengah untuk mendapatkan hasil keluaran daya yang maksimal dan sebagai pelindung pada penelitian *Energy Harvesting Using Piezoelectricity (Renewable and Sustainable Energy Conversion Using Piezoelectric Transducers)*. Sedangkan pada penelitian Perancangan dan Pembuatan Tangga Penghasil Listrik berbasis Piezoelektrik ini lapisan yang digunakan adalah lapisan busa putih dan busa ati yang diletakkan menyelimuti hampir seluruh bagian elektroda. Selain itu, besar maupun kecilnya daya yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh besarnya tekanan yang diberikan dan penggunaan jenis, karakteristik maupun kualitas piezoelektrik yang berbeda.

4.3 Cara Kerja Tangga Penghasil Listrik berbasis Piezoelektrik

Pada landasan teori dijelaskan bahwa, elemen piezoelektrik terdapat efek piezoelektrik. Efek piezoelektrik tersebut terbagi menjadi dua yaitu efek piezoelektrik langsung dan efek piezoelektrik balikan. Efek piezoelektrik langsung yang akan melakukan produksi potensial listrik ketika terdapat tekanan mekanik. Sedangkan efek piezoelektrik balikan akan memproduksi tekanan akibat pemberian tegangan listrik.

Pada saat anak tangga diinjak, maka elemen piezoelektrik dari keramik yang terpolarisasi akan bermuatan positif pada beberapa bagian molekul dan sebagian lainnya akan bermuatan negatif. Molekul-molekul tersebut akan terbentuk elektroda yang menempel pada dua sisi yang berlawanan dan menghasilkan medan listrik yang berubah-ubah akibat energi potensial. Berikut ini merupakan gambar pada saat tangga penghasil listrik berbasis piezoelektrik menghasilkan daya, dibuktikan dengan *LED strip* yang menyala:



Gambar 4.13 Tangga Pnghasil Listrik berbasis Piezoelektrik dapat Menyalakan *LED strip*