

DESAIN DAN ANALISA *MAXIMUM POWER POINT TRACKING* PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN PIEZOELEKTRIK

Bannan Khaulah Hanifah¹, Sujono²
^{1,2}Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia

b.k.hanifah15@gmail.com¹
sujono@budiluhur.ac.id²

ABSTRAK

Pada penelitian ini mengkaji alat pembangkit listrik dengan menggunakan sensor piezoelektrik untuk menghasilkan energi listrik yang bersumber dari energi kinetik, di mana parameter yang diamati adalah tegangan yang terkontrol, daya, dan desain MPPT yang dibuat. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui sistem MPPT yang biasa digunakan pada sel surya untuk bisa bekerja pada sistem yang berbeda yaitu menggunakan sensor piezoelektrik. Sistem terdiri dari sensor piezoelektrik, rangkaian rectifier, DC-DC converter, PWM, dan microcontroller. Pembahasan masalah difokuskan pada pembuatan energi terbarukan dengan menggunakan energi kinetik melalui sensor piezoelektrik yang tegangannya akan dikontrol menggunakan metode Maximum Power Point Tracking (MPPT). Berdasarkan sistem yang dirancang didapatkan tegangan keluaran piezoelektrik yang sangat kecil, dan dilakukan penyimpanan pada kapasitor untuk mendapatkan tegangan sebesar 3 volt. Dari tegangan ini, dilakukan metode MPPT yang tidak bisa dilakukan karena tegangan pada piezoelektrik mengalami penurunan drastis saat disambungkan ke DC-DC converter. Untuk mendapatkan tegangan 3 volt pada massa beban 50 kg dibutuhkan waktu 482 detik dengan perubahan kenaikan tegangan 0,0062 per 1 detik, pada massa beban 60 Kg dibutuhkan waktu 453 detik dengan perubahan kenaikan tegangan 0,0066 per 1 detik, dan pada massa 70 Kg dibutuhkan waktu 345 detik dengan perubahan kenaikan tegangan 0,008 per 1 detik.

Kata kunci: *Piezoelektrik, Energi Terbarukan, Energi Kinetik, MPPT, Rectifier*

ABSTRACT

In this paper examines the power generation tool using piezoelectric sensors to produce electrical energy sourced from kinetic energy, where the parameters observed are controlled voltage, power, and MPPT design that is made. This study aims to determine the MPPT system commonly used in solar cells to be able to work on different systems using piezoelectric sensors. The system consists of piezoelectric sensor, rectifier circuit, DC-DC converter, PWM, and microcontroller. The discussion of the problem is focused on making renewable energy using kinetic energy through piezoelectric sensors whose voltage will be controlled using the Maximum Power Point Tracking (MPPT) method. Based on the system designed, a piezoelectric output voltage is obtained which is very small, and storage is carried out on the capacitor to obtain a voltage of 3 volts. From this voltage, the MPPT method can't be done because the voltage on the piezoelectric has decreased dramatically when connected to the DC-DC converter. To get a 3 volt voltage at a mass load of 50 kg it takes 482 seconds with a change in voltage increase of 0.0062 per 1 second, at a load mass of 60 kg it takes 453 seconds with a change in voltage increase of 0.0066 per 1 second, and at a mass of 70 kg it takes 345 seconds with a change in voltage increase of 0.008 per 1 second.

Keywords: *Piezoelectric, Renewable Energy, Kinetic Energy, MPPT, Rectifier*

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan energi pokok yang sangat penting dan sangat dibutuhkan oleh manusia. Saat ini energi listrik didapatkan dengan mengkonversi energi-energi lain yang tidak bisa diperbaharui seperti minyak, bensin, dan batu-bara.

Dengan banyaknya penggunaan energi listrik ini, permintaan juga semakin meningkat. Pemerintah telah berupaya dalam mencari solusi untuk mendapatkan energi listrik alternatif. Solusi yang pernah diusulkan untuk permasalahan ini adalah pembuatan energi listrik dari energi alam seperti air,

angin, dan matahari. Institusi tertentu seperti sekolah dan universitas, tentunya memerlukan energi yang cukup besar untuk kebutuhan listrik bagi siswa dan mahasiswanya. Hal ini juga membuat biaya listrik semakin besar.

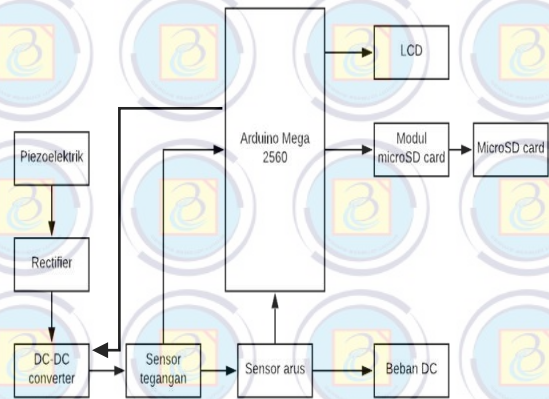
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh [1] Mahasiswa Teknik Universitas Muhammadiyah mengenai desain dari pickup piezoelektrik yang telah dibuat untuk membuat model hybrid solar-cell menggunakan piezoelektrik sebagai media penghasil listrik besumber dari gaya tekan rintik hujan didapatkan analisis bahwa perhitungan gaya aksi dan reaksi pada posisi piezoelektrik perlu dilakukan untuk mengetahui pola sebaran hujan ke piezoelektrik. Penelitian lain menjelaskan mengenai desain polisi tidur piezoelektrik sebagai pembangkit listrik menggunakan energi kinetik kendaraan bermotor [2], didapatkan analisis Konfigurasi sistem piezoelektrik yang mampu menghasilkan tegangan listrik yang optimal adalah menggunakan beberapa konfigurasi piezoelektrik paralel yang dihubungkan dengan buck konverter MB39C811 secara paralel. Jumlah modul piezoelektrik dan modul MB39C811 berpengaruh dalam besar energi yang mampu dihasilkan, semakin banyak set piezoelektrik dan MB39C811 yang digunakan maka tegangan listrik yang dihasilkan semakin besar akan tetapi terdapat nilai optimal dari jumlah piezoelektrik yang digunakan berdasarkan pemodelan matematis sistem. Dari jurnal penelitian mengenai pemanfaatan sensor piezoelektrik sebagai penghasil energi pada sepatu [3] didapatkan bahwa sensor piezoelektrik yang disusun secara paralel memiliki hasil daya keluaran yang lebih besar daripada penyusunan sensor piezoelektrik secara seri. Hasil penelitian lain yang memanfaatkan sensor piezoelektrik untuk menghasilkan energi yang memanfaatkan kebisingan di sepanjang ruas pantai Losari [4] didapatkan analisis bahwa alat yang dibuat mampu menghasilkan energi, yang ditandai dengan menyalnya LED ketika alat tersebut mendapat tekanan, baik tekanan yang di akibatkan oleh sumber bunyi maupun tekanan yang diberikan langsung.

Berdasarkan penjabaran penelitian terdahulu yang telah dilakukan menggunakan sensor piezoelektrik, di mana belum ada penggunaan metode MPPT untuk mendapatkan tegangan DC terkontrol. Dengan mengacu pada penelitian terdahulu yang menggunakan energi kinetik sebagai sumber energi listriknya dan penyusunan sensor piezoelektrik secara seri dan paralel agar mendapatkan tegangan yang cukup besar. Dengan mengambil permasalahan pada tidak adanya pengambilan tegangan terkontrol pada penelitian sebelumnya, maka dibuat Desain dan Analisa *Maximum Power Point Tracking* pada Sistem Sensor Piezoelektrik.

II. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem dan perancangan perangkat keras yang terdiri dari sensor piezoelektrik, *rectifier*,

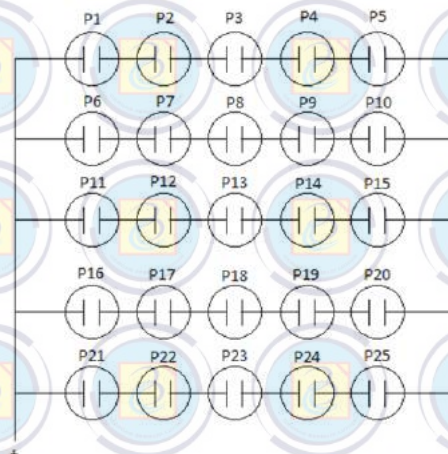
Arduino Mega 2560, DC-DC *converter*, sensor arus, sensor tegangan, rangkaian LCD, dan Modul SD card. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Digram Blok Sistem

A. Sensor Piezoelektrik

Sesor pezoelektrik yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor piezoelektrik tipe PZT (*Lead Zirconate Titanate*) dengan diameter 27 mm. Sebanyak 25 buah sensor piezoelektrik disusun secara seri-paralel untuk mendapatkan tegangan dan arus yang lebih besar. Rangkaian piezoelektrik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Sensor Piezoelektrik dipasang seri-paralel

Pada rangkaian seri tegangan yang dihasilkan akan bertambah sedangkan pada rangkaian paralel, tegangan yang dihasilkan tetap. Sehingga dapat dilihat persamaan sebagai berikut:

$$V_{seri1} = VP1 + VP2 + VP3 + VP4 + VP5 \dots (1)$$

$$V_{seri2} = VP6 + VP7 + VP8 + VP9 + VP10 \dots (2)$$

$$V_{seri3} = VP11 + VP12 + VP13 + VP14 + VP15 \dots (3)$$

$$V_{seri4} = VP16 + VP17 + VP18 + VP19 +$$

$$VP_{20} \dots \dots \dots (4)$$

$$V_{seri5} = VP_{21} + VP_{22} + VP_{23} + VP_{24} + VP_{25} \dots \dots \dots (5)$$

$$V_{total} = V_{paralel} \dots \dots \dots (6)$$

$$V_{total} = V_{seri1} = V_{seri2} = V_{seri3} \dots \dots \dots (7)$$

Dimana:

VP 1 – 25 = Tegangan pada setiap piezoelektrik

Tegangan maksimal dari 1 piezoelektrik yaitu 0,2 volt. Maka dari persamaan (1), (2), dan (3) dapat dicari V_{total} yaitu sebagai berikut:

$$V_{seri1} = 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2 = 1 \text{ volt}$$

$$V_{seri2} = 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2 = 1 \text{ volt}$$

$$V_{seri3} = 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2 = 1 \text{ volt}$$

$$V_{seri4} = 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2 = 1 \text{ volt}$$

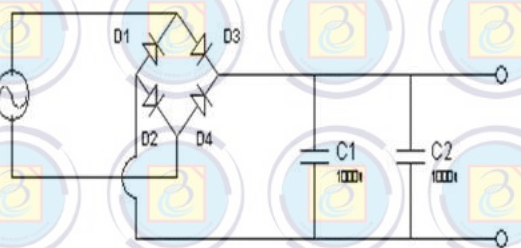
$$V_{seri5} = 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2 = 1 \text{ volt}$$

$$V_{total} = 1 \text{ volt} = 1 \text{ volt} = 1 \text{ volt} = 1 \text{ volt} = 1 \text{ volt}$$

Maka perkiraan tegangan keluaran dari piezoelektrik yang disusun secara seri-paralel sebanyak 25 buah adalah sebesar 1 volt setiap kali diberikan tekanan.

B. Rectifier

Rectifier digunakan untuk mengubah tegangan AC dari piezoelektrik menjadi tegangan DC. Tegangan yang dihasilkan dari piezoelektrik ini kemudian disimpan di kapasitor untuk diukur tegangan dan arusnya pada sensor tegangan dan sensor arus. Gambar rangkaian rectifier dapat dilihat pada Gambar 3.

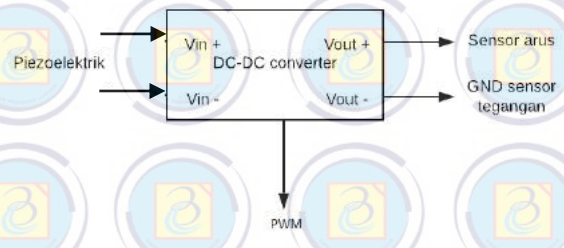


Gambar 3. Rangkaian Rectifier

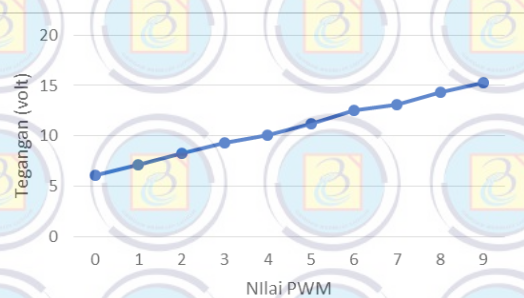
C. DC-DC Converter

DC-DC converter yang digunakan adalah *boost converter*. Prinsip kerja dari *boost converter* adalah dengan mengatur saklar MOSFET untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan. Saat saklar MOSFET pada kondisi tertutup, arus akan mengalir ke induktor, sehingga energi yang tersimpan di induktor naik. Saat saklar MOSFET terbuka, arus induktor akan mengalir menuju beban melewati diode sehingga energi yang tersimpan di induktor akan menurun. DC-DC pada penelitian ini berfungsi untuk menaikkan tegangan piezoelektrik yang telah

disimpan di kapasitor. Wiring DC-DC converter dapat dilihat pada Gambar 4 dan grafik hubungan nilai PWM terhadap tegangan keluaran dapat dilihat pada Gambar 5.



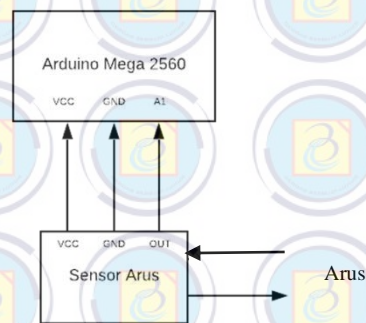
Gambar 4. Wiring DC-DC Converter



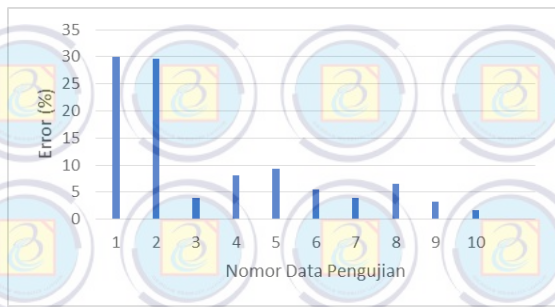
Gambar 5. Grafik Hubungan Nilai PWM Terhadap Tegangan Keluaran

D. Sensor Arus

Sensor arus digunakan untuk mengukur besarnya arus yang melewati rangkaian yang sudah dinaikkan tegangannya oleh *boost converter*. Sensor arus yang digunakan menggunakan IC ACS712 yang dapat mengukur arus maksimum 5 Ampere. Wiring sensor arus ke Arduino dapat dilihat pada Gambar 6 dan grafik *error* pengukuran arus dapat dilihat pada Gambar 7.



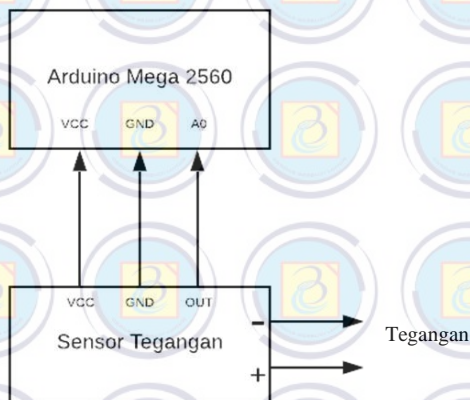
Gambar 6. Wiring Sensor Arus



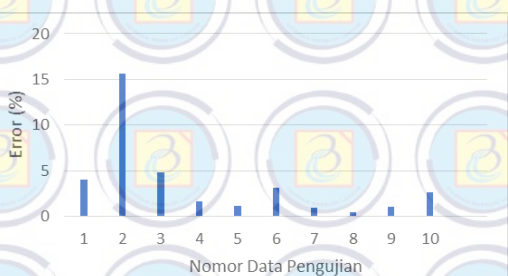
Gambar 7. Grafik Error Pengukuran Arus

E. Sensor Tegangan

Sensor tegangan DC yang digunakan pada penelitian ini digunakan untuk mengukur besarnya tegangan yang sudah dinaikkan oleh *boost converter*. Prinsip kerjanya yaitu dengan membagi tegangan masukan sehingga tegangan yang dibaca oleh mikrokontroler tidak melebihi 5 volt. Wiring sensor tegangan ke Arduino dapat dilihat pada Gambar 8 dan grafik *error* pengukuran tegangan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8. Wiring Sensor Tegangan

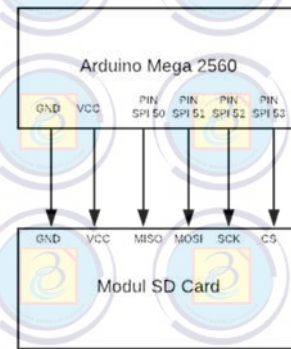


Gambar 9. Grafik Error Pengukuran Tegangan

F. Modul Micro SD Card

Modul SD card merupakan modul untuk melakukan pembacaan kartu *micro SD card* agar dapat dibaca dan ditulis. Pada penelitian ini kartu *micro SD card* digunakan untuk menyimpan data yang telah didapatkan, yaitu data nilai tegangan, nilai arus, nilai daya, nilai keluaran PWM, dan nilai

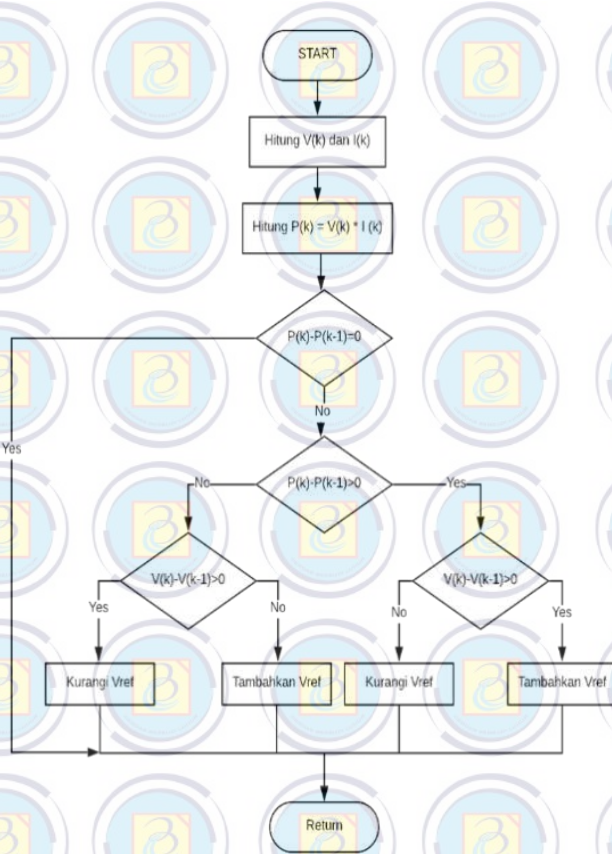
daya DC-DC *conveter*. Wiring modul *micro SD card* ke Arduino dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Wiring Modul SD Card

G. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini menggunakan algoritma MPPT P&O (Perturb & Observe). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Francis dkk [5] menggunakan algoritma ini dan memulainya dengan mengukur tegangan $V(k)$ dan arus $I(k)$ untuk memperoleh nilai daya $P(k)$. Nilai perturb $d(V)$ diberikan untuk mengamati nilai daya output yaitu $P(k+1)$ yang kemudian dibandingkan dengan nilai $P(k)$. Jika nilai $P(k+1)$ lebih besar dari nilai $P(k)$ maka perturb yang dilakukan benar. Jika nilai $P(k+1)$ lebih kecil dari nilai $P(k)$ maka perturb harus dilakukan dalam arah sebaliknya. Diagram alir program utama P&O dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Flow Chart Sistem Keseluruhan

III. HASIL DAN ANALISA

Pengujian dilakukan dengan menguji sensor piezoelektrik tanpa menggunakan MPPT dan sensor piezoelektrik dengan menggunakan MPPT. Flowchart pengujian sensor piezoelektrik dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Flowchat Pengujian Sensor Piezoelektrik

A. Pengujian piezoelektrik dengan tekanan beban 50 Kg

Pada pengujian pertama, piezoelektrik yang disusun secara seri-paralel di berikan beban orang seberat 50 Kg dengan melakukan gerakan berjalan ditempat untuk melakukan pengisian daya pada kapasitor yang dipasang beban 100k Ohm . Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Daya Piezoelektrik Dengan Beban 50 Kg

No.	Waktu (detik)	Pengukuran tegangan (V)	Pengukuran arus (μ A)
1	85	0,5	9
2	155	1	13
3	229	1,5	13
4	310	2	14
5	394	2,5	15
6	482	3	15

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil sebesar 3 volt dan arus sebesar 15 μ ampere dengan lama waktu 482 detik atau 8 menit 2 detik. Dari tabel 1 dapat dihitung sebagai berikut:

$$\Delta V = (0,5 - 0) + (1 - 0,5) + (1,5 - 1) + (2 - 1,5) + (2,5 - 2) + (3 - 2,5)$$

$$= 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 = 3 \text{ volt}$$

$$n = 6$$

Maka: $\overline{\Delta t} = \frac{482 \text{ detik}}{6} = 80,3 \text{ detik}$

Dari persamaan $\overline{\Delta V}$ dan $\overline{\Delta t}$ maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$\frac{\overline{\Delta V}}{\overline{\Delta t}} = \frac{0,5 \text{ volt}}{80,3 \text{ detik}} = \frac{0,006 \text{ volt}}{1 \text{ detik}}$$

Artinya untuk setiap perubahan kenaikan tegangan 0,0062 volt membutuhkan waktu 1 detik.

Pada pengujian berikutnya menggunakan berat beban 50 Kg dilakukan dengan menguji parameter dari variasi frekuensi langkah. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Piezoelektrik Dengan Frekuensi Langkah Pada 50 Kg

No.	Waktu (detik)	Pengukuran Tegangan (V)	Jumlah langkah (Pijakan)
1	5,19	0,031	5
2	9,05	0,067	10
3	14,57	0,090	15
4	19,47	0,122	20
5	24,72	0,160	25
6	29,95	0,173	30
7	34,21	0,215	35
8	40,18	0,256	40
9	44,71	0,283	45
10	50,05	0,316	50

Dari hasil pengujian Tabel 2 dapat dihitung sebagai berikut:

$$\Delta V = (0,031 - 0) + (0,067 - 0,031) + (0,090 - 0,067) + (0,122 - 0,090) + (0,160 - 0,122) + (0,173 - 0,160) + (0,215 - 0,173) + (0,256 - 0,215) + (0,283 - 0,256) + (0,316 - 0,283)$$

$$= 0,031 + 0,036 + 0,023 + 0,032 + 0,038 + 0,013 + 0,042 + 0,041 + 0,027 + 0,033 = 0,316 \text{ volt}$$

$$n = 10$$

Maka: $\overline{\Delta V} = \frac{3 \text{ volt}}{6} = 0,5 \text{ volt}$

$$\Delta t = (85 - 0) + (155 - 85) + (229 - 155) + (310 - 229) + (394 - 310) + (482 - 394)$$

$$= 85 + 70 + 74 + 81 + 84 + 88 = 482 \text{ detik}$$

$$n = 6$$

Maka: $\overline{\Delta V} = \frac{0,316 \text{ volt}}{10} = 0,0316 \text{ volt}$

$$\Delta \text{Langkah} = (5 - 0) + (10 - 5) + (15 - 10) + (20 - 15) + (25 - 20) + (30 - 25) + (35 - 30) + (40 - 35) + (45 - 40) + (50 - 45)$$

$$= 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 = 50 \text{ langkah}$$

$$n = 10$$

Maka: $\overline{\Delta \text{langkah}} = \frac{50}{10} = 5 \text{ langkah}$

Dari persamaan $\overline{\Delta V}$ dan $\overline{\Delta \text{langkah}}$ maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$\frac{\overline{\Delta V}}{\overline{\Delta \text{langkah}}} = \frac{0,0316 \text{ volt}}{5 \text{ langkah}} = \frac{0,00632 \text{ volt}}{1 \text{ langkah}}$$

Artinya setiap 1 langkah tekanan yang diberikan pada berat badan 50 Kg maka akan memberikan kenaikan tegangan sebesar 0,00632 volt.

B. Pengujian piezoelektrik dengan tekanan beban 60 Kg

Pada pengujian kedua, piezoelektrik yang disusun secara seri-paralel di berikan beban orang seberat 60 Kg dengan melakukan gerakan berjalan ditempat untuk melakukan pengisian daya pada kapasitor dengan beban 100K Ohm. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Daya Piezoelektrik Dengan Beban 60 Kg

No.	Waktu (detik)	Pengukuran tegangan (V)	Pengukuran arus (μ A)
1	67	0,5	8
2	140	1	13
3	218	1,5	12
4	287	2	10
5	374	2,5	10
6	453	3	13

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil sebesar 3 volt dan arus sebesar 13

μ ampere dengan lama waktu 453 detik atau 7 menit 33 detik.

Dengan perhitungan yang sama seperti pengujian sebelumnya maka didapatkan untuk setiap perubahan kenaikan tegangan 0,0066 volt membutuhkan waktu 1 detik.

Pada pengujian berikutnya menggunakan berat beban 60 Kg dilakukan dengan menguji parameter dari frekuensi langkah. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Piezoelektrik Dengan Frekuensi Langkah Pada 60 Kg

No.	Waktu (detik)	Pengukuran Tegangan (V)	Jumlah langkah (Pijakan)
1	5,15	0,036	5
2	10,12	0,062	10
3	15,03	0,099	15
4	19,78	0,130	20
5	25,43	0,161	25
6	30,56	0,203	30
7	34,89	0,238	35
8	40,21	0,260	40
9	45,11	0,307	45
10	49,92	0,334	50

Dengan menggunakan perhitungan yang sama seperti pengujian sebelumnya, didapatkan bahwa setiap 1 langkah tekanan yang diberikan pada berat badan 60 Kg maka akan memberikan kenaikan tegangan sebesar 0,00668 volt.

C. Pengujian piezoelektrik dengan tekanan beban 70 Kg

Pada pengujian ketiga, piezoelektrik yang disusun secara seri-paralel diberikan beban orang seberat 70 Kg dengan melakukan gerakan berjalan ditempat untuk melakukan pengisian daya pada kapasitor dengan beban 100K Ohm. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Daya Piezoelektrik Dengan Beban 70 Kg

No.	Waktu (detik)	Pengukuran tegangan (V)	Pengukuran arus (μ A)
1	43	0,5	10
2	71	1	12
3	111	1,5	13
4	178	2	15
5	252	2,5	15
6	345	3	15

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil sebesar 3 volt dan arus sebesar 0,15 μ ampere dengan lama waktu 345 detik atau 5 menit 45 detik.

Dari tabel 5 dihitung dengan menggunakan perhitungan yang sama seperti pengujian sebelumnya didapatkan bahwa untuk setiap perubahan kenaikan tegangan 0,008 volt membutuhkan waktu 1 detik.

Pada pengujian berikutnya menggunakan berat beban 70 Kg dilakukan dengan menguji parameter dari frekuensi langkah. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.

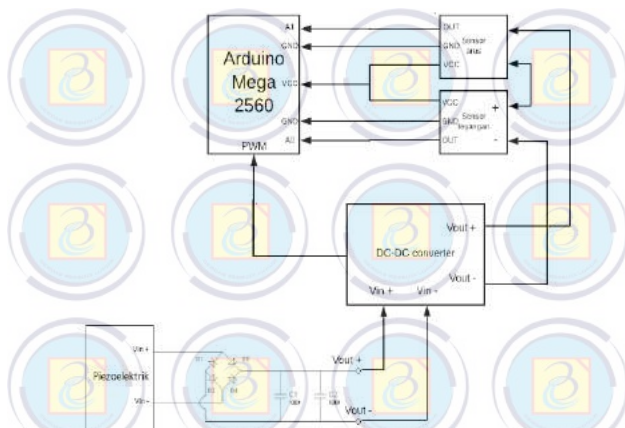
Tabel 6. Hasil Pengujian Piezoelektrik Dengan Frekuensi Langkah Pada 70 Kg

No.	Waktu (detik)	Pengukuran Tegangan (V)	Jumlah langkah (Pijakan)
1	4,85	0,043	5
2	10,04	0,078	10
3	14,65	0,111	15
4	19,94	0,168	20
5	25,51	0,206	25
6	29,73	0,236	30
7	34,87	0,281	35
8	39,61	0,325	40
9	45,29	0,350	45
10	50,06	0,412	50

Dari hasil pengujian Tabel 6 dengan menggunakan perhitungan yang sama dengan pengujian sebelumnya didapatkan bahwa setiap 1 langkah tekanan yang diberikan pada berat badan 70 Kg maka akan memberikan kenaikan tegangan sebesar 0,00824 volt.

D. Pengujian Sistem

Pada pengujian sistem MPPT dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem MPPT yang telah dibuat. Pengujian dilakukan dengan memasang rangkaian piezoelektrik yang tegangannya telah disimpan di kapasitor dengan rangkaian DC-DC converter, dan Vout yang diamati dipasangkan ke Arduino untuk melihat kinerja MMPT. Rangkaian pengujian dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Rangkaian Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada pengujian sistem MPPT untuk piezoelektrik tidak dapat dilakukan, hal ini dikarenakan tegangan pada piezoelektrik yang tidak bisa melewati *DC-DC converter*. Pada saat tegangan melewati *DC-DC converter*, tegangan mengalami penurunan drastis yang memungkinkan MPPT tidak bisa dilakukan. Sedangkan untuk mendapatkan tegangan 3 volt, piezoelektrik membutuhkan waktu yang cukup lama.

Tabel 7. Pengujian Sistem Keseluruhan

No.	Tegangan (V)	Waktu (detik)	Pengujian ke DC-DC
1	2,17	3,26	Tegangan Turun
2	2,86	3,63	Tegangan Turun
3	3,43	3,91	Tegangan Turun
4	3,90	4,28	Tegangan Turun

IV. KESIMPULAN

Dari Pengujian Sistem, desain *Maximum Power Point* tidak cocok digunakan pada sistem sensor piezoelektrik. Kemungkinan tegangan piezoelektrik yang dibutuhkan harus lah sangat besar untuk bisa melewati *DC-DC converter*. Karena itu, dibutuhkan rangkaian sensor piezoelektrik yang lebih banyak untuk bisa melakukan MPPT pada sistem piezoelektrik. Selain itu semakin besar massa yang diberikan untuk menghasilkan tekanan pada sensor piezoelektrik maka akan semakin cepat kenaikan tegangan yang terjadi.

REFERENSI

- [1] E. Diniardi, S. Syawaluddin, A. I. Ramadhan, W. Isnaini, E. Dermawan, and D. Almanda, "Analisis Desain Pickup Piezoelektrik Elemen Dari Model Hybrid Solar Cell-Piezoelectric Untuk Daya Rendah," *J. Teknol.*, vol. 9, no. 2, pp. 83–88, 2017.
- [2] E. Yulia, E. P. Putra, P. . Ir. Estiyanti Ekawati, M.T., and D. I. Nugraha, "Polisi Tidur Piezoelektrik Sebagai Pembangkit Listrik dengan Memanfaatkan Energi Mekanik Kendaraan Bermotor," *Ortop.Traum.Protez.*, vol. No.10, no. 1, pp. 34–38, 2016.
- [3] R. Maulana, "Pemanfaatan Sensor Piezoelektrik Sebagai Penghasil Sumber Energi Pada Sepatu," p. 18, 2016.
- [4] M. I. Ramli and Irfan, "Perancangan Sound Energy Harvesting Berbasis Material Piezoelektrik untuk Memanfaatkan Kebisingan di Sepanjang Ruas Pantai Losari menuju Losari sebagai Ruang Publik Hemat Energi," *J. Tek.*, vol. 1, no. 1, pp. 66–72, 2017.
- [5] WK. Francis, SS. Beevi, J. Mathew, "MATLAB/Simulink PV Module Model of P&O And DC Link CDC MPPT Algorithms with Labview Real Time Monitoring And Control Over P&O Technique," *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering* 2014.