

Lantai Pembangkit Listrik Menggunakan Piezoelektrik dengan *Buck Converter* LM2596

Diana Rahmawati

diana_rahmawati@yahoo.com
Universitas Trunojowo

Muhammad Farisal

myfarisal@gmail.com
Universitas Trunojowo

Miftachul Ulum

miftachul_ulum@trunojoyo.ac.id
Universitas Trunojowo

Koko Joni

kokojoni@trunojoyo.ac.id
Universitas Trunojowo

Abstrak

Piezoelektrik adalah sebuah sensor alat yang dapat digunakan sebagai sensor jika diberi tegangan atau penghasil energi listrik jika diberi tekanan. Jumlah Piezoelektrik yang digunakan untuk lantai pembangkit listrik piezoelektrik adalah 128 buah. Lantai pembangkit listrik memanfaatkan metode balanced cantilever. Output tegangan rata-rata yang dihasilkan satu elemen piezoelektrik sebesar 1,76 Volt. Output tegangan rata-rata yang dihasilkan komponen piezoelektrik rangkaian seri sebesar 1,55 Volt. Output tegangan rata-rata yang dihasilkan komponen piezoelektrik rangkaian paralel sebesar 3,99 Volt. Tegangan kosong yang dihasilkan oleh lantai pembangkit listrik rata-rata sebesar 22,79 Volt. Tegangan yang disearahkan, disimpan kapasitor rata-rata sebesar 5,24 Volt. Tegangan drop terjadi ketika disambungkan ke buck converter LM2596 dengan rata-rata tegangan sebesar 2,39 dan arus 40,1 μ A. Tegangan drop pada pengujian modul boost converter MT3608 rata-rata sebesar 1,63 Volt dan arus 54,8 μ A. Tegangan drop pada pengujian modul boost converter XL6009 rata-rata sebesar 0,15 Volt dan arus 54,6 μ A. Pengujian peningkatan tegangan dilakukan dengan menggunakan rangkaian JT transistor mosfet menghasilkan rata-rata tegangan sebesar 1,65 Volt dan arus 38,7 μ A. Pengujian untuk meningkatkan tegangan menggunakan rangkaian JT transistor bipolar menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 0,88 Volt dan arus 81 μ A. Persentase berdasarkan keseluruhan hasil pengujian sistem pemanenan energi adalah sebesar 0%.

Kata Kunci — Buck Converter, Joule Thief, Mosfet, Piezoelektrik, Pemanenan Energi

Abstract

Piezoelectric is a sensor tool that can be used as a sensor if a voltage is applied or a generator of electrical energy if it is under pressure. The number of Piezoelectrics used for the piezoelectric power plant floor is 128 pieces. The power plant floor utilizes the balanced cantilever method. The average voltage output produced by one piezoelectric element is 1.76 Volts. The average output voltage produced by the piezoelectric component of the series circuit is 1.55 Volts. The average output voltage generated by the piezoelectric component of a parallel circuit is 3.99 Volts.

The empty voltage generated by the floor of the power plant is on average 22.79 Volts. The rectified voltage, stored in the capacitor averages 5.24 Volts. Voltage drop occurs when connected to the LM2596 buck converter with an average voltage of 2.39 and a current of 40.1 A. The average voltage drop in the MT3608 boost converter module test is 1.63 Volts and the current is 54.8 A. The average voltage drop in the XL6009 boost converter module test is 0.15 Volts and the current is 54.6 A. The voltage increase test is carried out using a JT mosfet transistor circuit that produces an average voltage of 1.65 Volts and a current of 38.7 A. Tests to increase the voltage using a bipolar transistor JT circuit produce an average voltage of 0.88 Volts and a current of 81 A. The percentage based on the overall test results of the energy harvesting system is 0%.

Keywords — Buck Converter, Harvesting Energy, Joule Thief, Mosfet, Piezoelectric

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi sangat penting bagi kehidupan manusia, salah satunya ialah kebutuhan terhadap energi listrik sehingga menimbulkan kebergantungan. Energi listrik yang digunakan saat ini masih memanfaatkan bahan bakar fosil yang merupakan sumber daya yang terbatas atau bisa habis apabila digunakan terlalu banyak. Menanggapi masalah tersebut banyak peneliti mencoba untuk mengembangkan sumber energi listrik yang bersumber dari energi terbarukan. Salah satu pengembangan energi terbarukan adalah dengan memanfaatkan sensor piezoelektrik sebagai sumber energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai penghasil listrik.

Teknologi pembangkit listrik dari energi piezoelektrik sangat menarik dikarenakan dapat menghasilkan listrik ketika material mengalami defleksi, sehingga piezoelektrik diminati oleh para peneliti dan perekayasa, dikarenakan banyak sekali bentuk-bentuk penggunaannya dalam masyarakat sekarang ataupun dimasa yang akan datang. [1] beberapa penelitian terdahulu yang membahas tentang piezoelektrik sebagai

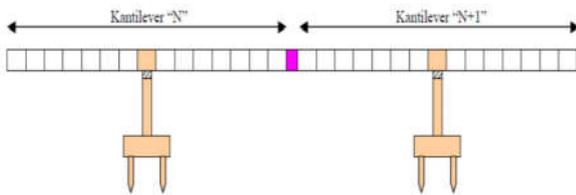
penghasil energi listrik yaitu pemanfaatan piezoelektrik untuk penghasil listrik di jalan raya[2], polisi tidur piezoelektrik sebagai pembangkit listrik [3], panen energi menggunakan piezoelektrik system kantilever [4], rantai pemanen energi listrik dengan piezoelektrik [5], dan analisis desain pickup piezoelektrik [6].

Mekanik pembangkit listrik dari piezoelektrik dirancang dengan memanfaatkan metode balanced cantilever untuk mengurangi kerusakan pada rangkaian piezoelektrik ketika mengalami defleksi. inputan tegangan yang dihasilkan oleh rantai pembangkit listrik piezoelektrik akan dialirkan ke komponen penurun tegangan *buck converter* untuk distabilkan arusnya. Arus yang telah distabilkan *buck converter* akan dialirkan ke *solar charge controller* untuk dipanen dan disimpan pada media penyimpanan berupa baterai/aki.

II. METODE PENELITIAN

A. Metode

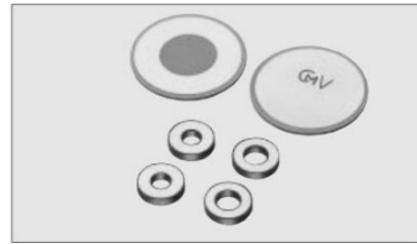
Metode yang digunakan pada rancangan mekanik rantai pembangkit listrik adalah metode balanced cantilever. Metode kantilever (*Balanced Cantilever*) adalah metode yang digunakan untuk pembangunan jembatan, dimana dengan memanfaatkan efek kantilever seimbang maka struktur dapat berdiri sendiri, menopang berat sendirinya tanpa bantuan sokongan lain seperti perancah atau falsework. [7] Metode balanced cantilever sangat efektif karena tidak mengganggu bagian bawahnya.



Gbr. 1 Metode Balanced Cantilever

B. Piezoelektrik

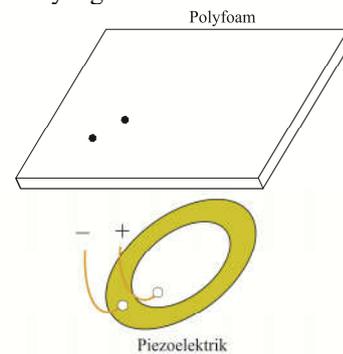
Piezoelektrik adalah sebuah sensor alat yang terbuat dari silikon atau germanium yang mampu menghasilkan energi listrik ketika mengalami defleksi (*direct piezoelektrik*) sebaliknya, ketika diberikan tegangan akan terdefleksi (*inverse piezoelektrik*). Piezoelektrik dapat mengalami defleksi dengan diberi tekanan secara langsung atau digetarkan melalui media perantara seperti kantilever.[3] Pemberian tekanan secara langsung akan menghasilkan tegangan piezoelektrik yang sebanding dengan besar gaya tekan akan tetapi, piezoelektrik rentan mengalami kerusakan.



Gbr. 2 Piezoelektrik

C. Rancangan Pengkabelan Piezoelektrik

Pengkabelan pada piezoelektrik dilakukan dengan cara membuat lubang pada polyfoam untuk jalur kabel agar solderan piezoelektrik terlindungi dari tekanan langsung dari bahan yang keras, sehingga piezoelektrik dapat digunakan untuk jangka waktu yang lama.



Gbr. 3 Konsep Pengkabelan Piezoelektrik

D. Desain Mekanik

Desain mekanik dibuat dengan memanfaatkan besi[8] sebagai alas tekanan dari atas dan alas bawah dengan ukuran dimensi 80 x 40 x 0,5 cm. Bagian dalamnya terdapat pegas sebagai penahan beban pada besi dan polyfoam untuk melindungi komponen piezoelektrik dari tekanan langsung, sehingga piezoelektrik tidak mudah rusak karena tekanan yang tinggi.

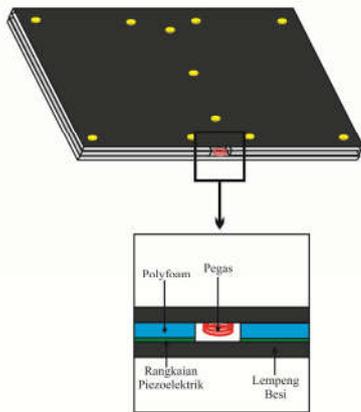
Pada gambar 4 penempatan pegas dibagian tengah, untuk pengaplikasian metode balanced cantilever maka pegas dirangkai secara parallel agar dapat menahan beban ketika tidak dipengaruhi tekanan dari luar ataupun setelah mengalami tekanan dari luar. Jumlah pegas dapat diketahui dengan melakukan penghitungan nilai lebar rantai (*l*) yang dibagi dengan penjumlahan pada diameter pegas (*d_p*) dan diameter baut (*d_b*).[9]

$$n = \frac{l}{(d_p + d_b)} \quad (1)$$

Pegas yang digunakan berbahan dasar besi sehingga dapat diperhitungkan massa maksimum yang dapat ditahan oleh pegas. Massa maksimum (*m*) yang dapat merusak pegas dapat dihitung apabila diketahui nilai modulus young besi (*E*besi),

Luas penampang pegas (A), perubahan tinggi pegas (x), tinggi pegas mula-mula (x), dan percepatan (a).

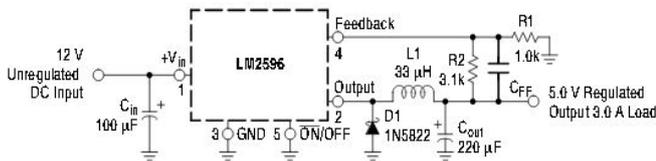
$$m = \left(\frac{F_{\text{Besi}} \cdot A \cdot \Delta x}{x} \right) / a \quad (2)$$



Gbr. 4 Desain Mekanik

E. Buck Converter

Buck converter adalah converter arus searah yang digunakan untuk menurunkan tegangan DC. Prinsip kerja rangkaian ini memanfaatkan kendali pensaklaran dengan menggunakan dioda MOSFET untuk membuka atau menutup rangkaian sehingga arus yang mengalir dapat dikendalikan sesuai dengan duty cycle yang diinginkan. Buck converter dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi seperti sebagai catu daya motor dan charger aki.[10]

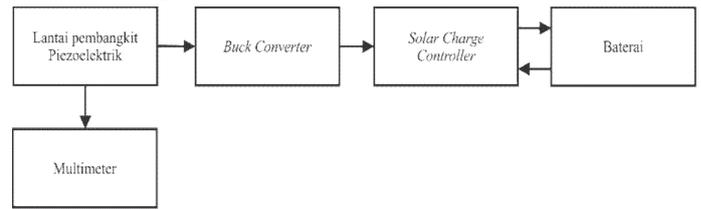


Gbr. 5 Datasheet Buck Converter

TABEL I
SPESIFIKASI BUCK CONVERTER LM2596

No.	Spesifikasi Buck Converter LM2596	Keterangan
1	Input DC	3,2 V – 46 V
2	Output DC	1,25 V – 35 V
3	Arus Maksimal	3 A
4	Efisiensi Step Down	92%
5	Output ripple	30 mV
6	Switching frequency	65 KHz
7	Operating Temperature	- 45° – 85° C
8	Dimensi	43 x 21 x 14 mm
9	Berat	0,08 kg

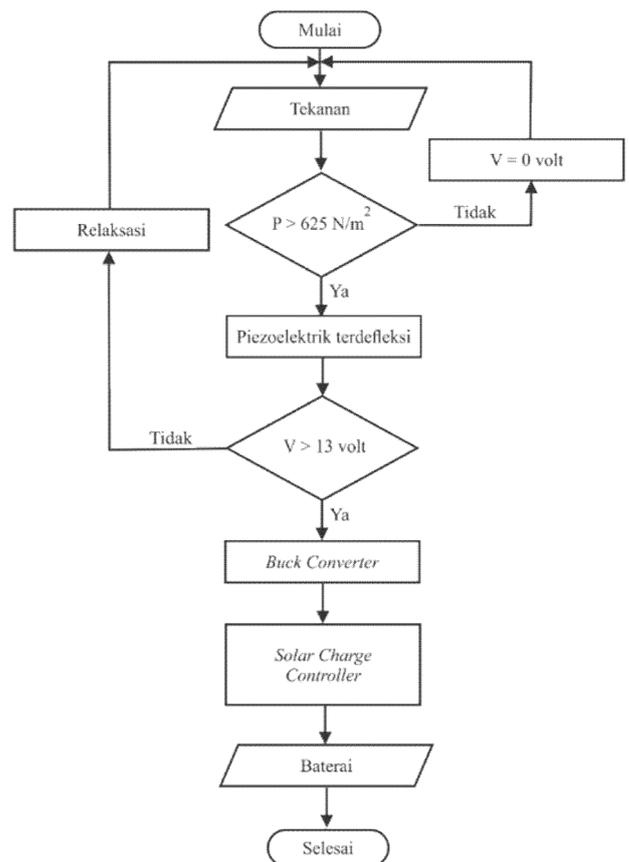
F. Block Diagram



Gbr. 6 Blok Diagram

1. Piezoelektrik merupakan komponen utama pada penelitian ini, dirancang dalam bentuk lantai dan digunakan sebagai penyuplai daya utama pada rancangan.
2. Multimeter digunakan untuk menguji nilai tegangan yang dihasilkan oleh lantai pembangkit piezoelektrik.
3. Buck Converter berfungsi untuk menurunkan tegangan yang dihasilkan oleh sumber, menyesuaikan dengan tegangan input yang dibutuhkan controller yaitu ±13 volt.
4. Solar Charge Controller sebagai pengontrol arus yang masuk dari sumber menuju media penyimpanan atau mengatur keluarnya daya dari media penyimpanan ke outputan.
5. Baterai adalah media penyimpanan daya pada rancangan ini.

G. Flowchart



Gbr. 7 Flowchart

Pada gambar 7 *flowchart* Lantai Pembangkit Piezoelektrik merupakan sumber energi listrik yang memanfaatkan tekanan sebagai sumber energinya. Ketika mendapatkan tekanan sebesar lebih dari 625 N/m² maka piezoelektrik akan menghasilkan listrik. Jika tidak, lantai pembangkit piezoelektrik tidak akan menghasilkan tegangan atau tegangan sama dengan 0 volt. Setelah mengeluarkan tegangan sebesar lebih atau sama dengan 13volt maka tegangan akan diturunkan oleh *buck converter* dan arus akan dialirkan menuju solar charge controller. Jika tegangan kurang dari 13 volt maka arus tidak dialirkan. Setelah arus melewati buck converter, arus akan masuk ke solar charge controller untuk disimpan di media penyimpanan. Media penyimpanan yang digunakan adalah baterai.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem kerja lantai pembangkit piezoelektrik adalah dengan memberikan tekanan berupa injakan manusia. Berikut ini adalah pengujian tegangan yang dihasilkan. Elemen piezoelektrik yang digunakan memiliki diameter (D) 2,7 cm dan nilai percepatan (a) yang digunakan sama dengan percepatan gravitasi yaitu 9,8 m/s², sehingga nilai tekanan (P) dapat dihitung dengan rumus:

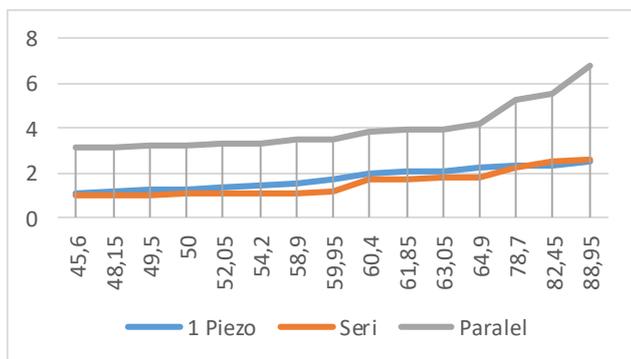
$$P = F/A = m.a / A \quad (3)$$

A. Pengujian Elemen Piezoelektrik

Pengujian dilakukan untuk mengukur tegangan yang dihasilkan oleh 1 buah piezoelektrik, 9 buah piezoelektrik yang dirangkai seri, dan 9 buah piezoelektrik yang dirangkai paralel. Pengujian ditujukan untuk mengetahui nilai tegangan yang dapat dihasilkan oleh piezoelektrik ketika diberi tekanan berdasarkan berat badan manusia. Berikut hasil pengujian Elemen Piezoelektrik.

TABEL II
PENGUJIAN ELEMEN PIEZOELEKTRIK

No.	Hasil Pengujian Elemen Piezoelektrik		
	Rangkaian	Data	Vrerata
1.	1 Piezoelektrik	15	1,76
2.	Seri	15	1,55
3.	Paralel	15	3,99



Gbr. 8 Grafik Tegangan Elemen Piezoelektrik

B. Pengujian Lantai Pembangkit Listrik

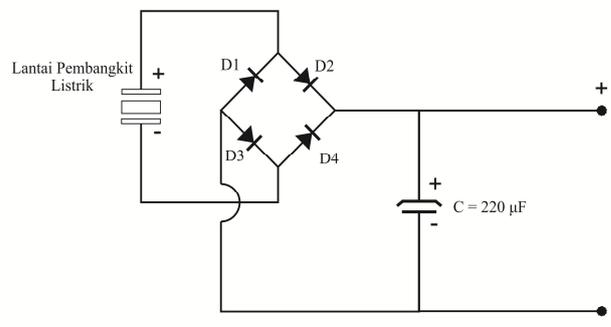


Gbr. 9 Grafik Tegangan Lantai Pembangkit Listrik

Berdasarkan hasil pengujian elemen piezoelektrik didapatkan hasil bahwa rangkaian paralel mengalami penjumlahan nilai tegangan pada masing-masing tegangan yang dihasilkan oleh tiap elemen piezoelektrik. Maka piezoelektrik dirangkai secara paralel sebanyak 128 buah untuk memaksimalkan nilai tegangannya. Tegangan rata-rata yang dapat dihasilkan sebesar 22,79 Volt.

C. Pengujian Rangkaian Penyearah

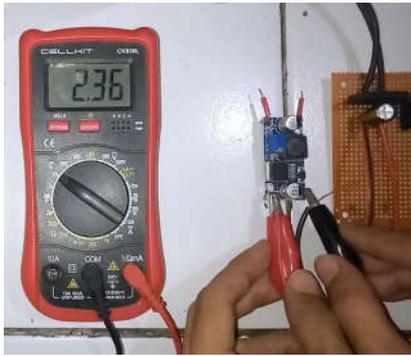
Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tegangan pada kapasitor. Tegangan diukur berdasarkan nilai tegangan yang tersimpan pada kapasitor setelah lantai pembangkit listrik mengalami tekanan sebanyak 25 kali dengan berat badan yang berbeda. Tegangan rata-rata yang dapat disimpan oleh kapasitor sebesar 5,24 Volt.



Gbr. 10 Rangkaian Penyearah

D. Pengujian Input Buck Converter LM2596

Pengujian bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan input yang akan dialirkan ke *buck converter* LM2596. Pengujian dilakukan dengan cara menyambungkan kapasitor dari rangkaian penyearah ke input buck converter, penyambungan dilakukan setelah kapasitor menyimpan tegangan. kemudian dilakukan pengukuran untuk mengetahui nilai tegangan dan arus yang mengalir.



Gbr. 11 Pengujian Input Buck Converter LM2596

TABEL III
HASIL PENGUJIAN INPUT BUCK CONVERTER LM2596

Data ke-	Hasil Pengujian Input Buck Converter LM2596			
	Massa (kg)	Tekanan (P)	Tegangan (V)	Arus (mA)
1	45,60	$P = \frac{82,45 \times 9,2}{12 \cdot 10^{-2}} = 1.396 \text{ N/m}^2$	2,12	0,027
2	48,15	$P = \frac{88,95 \times 9,2}{12 \cdot 10^{-2}} = 1.474 \text{ N/m}^2$	2,28	0,028
3	49,50	$P = \frac{88,95 \times 9,2}{12 \cdot 10^{-2}} = 1.515 \text{ N/m}^2$	2,31	0,030
4	50,00	$P = \frac{10 \times 9,2}{12 \cdot 10^{-2}} = 1.531 \text{ N/m}^2$	2,32	0,030
5	52,05	$P = \frac{12,08 \times 9,2}{12 \cdot 10^{-2}} = 1.594 \text{ N/m}^2$	2,33	0,032
6	54,20	$P = \frac{34,4 \times 9,2}{12 \cdot 10^{-2}} = 1.660 \text{ N/m}^2$	2,36	0,032
7	58,90	$P = \frac{88,95 \times 9,2}{12 \cdot 10^{-2}} = 1.803 \text{ N/m}^2$	2,39	0,037
8	59,95	$P = \frac{88,95 \times 9,2}{12 \cdot 10^{-2}} = 1.836 \text{ N/m}^2$	2,40	0,040
9	60,40	$P = \frac{88,95 \times 9,2}{12 \cdot 10^{-2}} = 1.850 \text{ N/m}^2$	2,43	0,041
10	61,85	$P = \frac{88,95 \times 9,2}{12 \cdot 10^{-2}} = 1.894 \text{ N/m}^2$	2,46	0,043
11	63,05	$P = \frac{88,95 \times 9,2}{12 \cdot 10^{-2}} = 1.931 \text{ N/m}^2$	2,47	0,045
12	64,90	$P = \frac{88,95 \times 9,2}{12 \cdot 10^{-2}} = 1.988 \text{ N/m}^2$	2,48	0,048
13	78,70	$P = \frac{88,95 \times 9,2}{12 \cdot 10^{-2}} = 2.410 \text{ N/m}^2$	2,49	0,053

14	82,45	$P = \frac{82,45 \times 9,2}{12 \cdot 10^{-2}} = 2.525 \text{ N/m}^2$	2,50	0,057
15	88,95	$P = \frac{88,95 \times 9,2}{12 \cdot 10^{-2}} = 2.724 \text{ N/m}^2$	2,51	0,059
Rata-rata tegangan			2,39	0,040

E. Analisis Sistem Pemanenan Energi

Nilai rata-rata tegangan ketika disambungkan ke input *buck converter* adalah 2,39 Volt. Berdasarkan data tabel diatas, nilai tegangan yang disimpan pada kapasitor mengalami drop tegangan setelah disambungkan ke input *buck converter* LM2596. Persentase sistem pemanenan energi berdasarkan tabel diatas dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Persentase pemanenan energi} = \frac{\text{Tegangan > 1 Volt}}{\text{jumlah data}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase pemanenan energi} = 0/15 \times 100 \%$$

$$\text{Persentase pemanenan energi} = 0 \%$$

Berdasarkan hasil diatas maka dilakukan beberapa uji coba untuk menganalisa sistem pemanenan energi yang dihasilkan oleh piezoelektrik dengan metode lain yaitu menggunakan *converter step up* (penaik tegangan). Tegangan dan arus rata-rata yang didapat dengan mengukur input pada step up ditampilkan pada tabel dibawah ini.

TABEL IV
HASIL PENGUJIAN INPUT STEP UP DC-DC

No.	Hasil Uji Coba dengan Step Up Converter			
	Converter Step up	Data	Tegangan	Arus
1.	Boost Converter MT3608	15	1,63 Volt	54,8 μA
2.	Boost Converter XL6009	15	0,15 Volt	54,6 μA
3.	Joule Thief Mosfet	15	1,65 Volt	38,7 μA
4.	Joule Thief BJT	15	0,88 Volt	81 μA

F. Spesifikasi Modul Converter Step up

Berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan *converter step up dc-dc* didapatkan bahwa daya yang dihasilkan oleh piezoelektrik belum mencapai nilai minimum yang dibutuhkan. Spesifikasi *converter step up* ialah sebagai berikut:

TABEL V
SPESIFIKASI BOOST CONVERTER MT3608

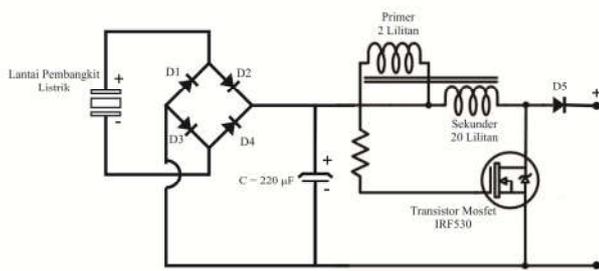
No.	Spesifikasi Boost Converter MT3608	
	Spesifikasi	Keterangan
1	Input DC	2 V – 24 V
2	Output DC	Max 28 V
3	Arus Maksimal	4 A
4	Efisiensi	97 %
5	Fixed Switching frequency	1,2 MHz
6	Operating Temperature	Max 155 °C

TABEL VI
SPESIFIKASI BOOST CONVERTER XL6009

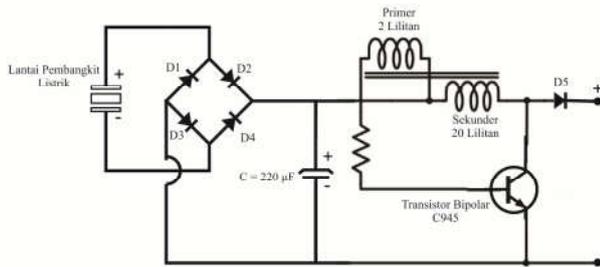
No.	Spesifikasi Boost Converter XL6009	
	Spesifikasi	Keterangan
1	Input DC	5 V – 32 V
2	Output DC	Max 60 V
3	Arus Maksimal	4 A
4	Efisiensi	94 %
5	Fixed Switching frequency	400 KHz
6	Operating Temperature	-65 – 150 °C

G. Konfigurasi dan Spesifikasi Joule Thief

Penggunaan rangkaian sederhana converter step up yang dilakukan ketika melakukan uji coba pemanenan energi menggunakan konfigurasi rangkaian sebagai berikut :



Gbr. 12 Rangkaian joule thief transistor mosfet



Gbr. 13 Rangkaian joule thief transistor bipolar

IV. KESIMPULAN (PENUTUP)

Berdasarkan hasil uji coba pemanenan energi, lantai pembangkit listrik berbasis komponen piezoelektrik menghasilkan outputan tegangan dan arus yang tidak stabil ketika diuji coba pada beberapa modul dan rangkaian converter, sehingga energi yang dihasilkan tidak dapat dipanen dikarenakan tegangan dan arus tidak memenuhi syarat minimum treshold pada modul atau rangkaian converter.

REFERENSI

- [1] S. Ahda, B. Tenaga, and N. Nasional, "Sintesa Dan Karakterisasi Bahan Piezoelektrik Ramah," vol. 2, pp. 13–19, 2012.
- [2] S. Kim, J. Shen, and M. Ahad, "Piezoelectric-Based Energy Harvesting Technology for Roadway Sustainability," *Int. J. Appl. Sci. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 20–25, 2015.
- [3] E. Yulia, E. P. Putra, E. Ekawati, and Nugraha, "Polisi Tidur Piezoelektrik Sebagai Pembangkit Listrik dengan Memanfaatkan Energi Mekanik Kendaraan Bermotor," vol. 8, no. 8, pp. 105–113, 2016.
- [4] A. Gamayel, "PANEN ENERGI MENGGUNAKAN PIEZOELEKTRIK SISTEM KANTILEVER DENGAN PENAMBAHAN BLUFF BODY," *J. Tek. Mesin*, vol. 06, no. 4, pp. 273–276, 2017.
- [5] M. I. Mowaviq, A. Junaidi, and S. Purwanto, "Lantai Pemanen Energi Listrik Menggunakan Piezoelektrik," *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 2, pp. 112–118, 2019, doi: 10.33322/energi.v10i2.219.
- [6] E. Diniardi, S. Syawaluddin, A. I. Ramadhan, W. Isnaini, E. Dermawan, and D. Almanda, "Analisis Desain Pickup Piezoelektrik Dari Model Hybrid Solar Cell-Piezoelectric Untuk Daya Rendah," *J. Teknol.*, vol. 9, no. 2, p. 83, 2017, doi: 10.24853/jurtek.9.2.83-88.
- [7] I. K. N. S., "Perencanaan metode pelaksanaan pekerjaan bangunan atas jembatan yeh panahan di kabupaten tabanan," vol. 5, pp. 20–30.
- [8] W. Sunarya, Hasanuddin, Syamsuddin, Maria, and Erfan, "IDENTIFIKASI BIJIH BESI (Fe) MENGGUNAKAN METODA GEOLISTRIK RESISTIVITAS KONFIGURASI WENNER-SCHLUMBERGER DI KABUPATEN LUWU," *Geocelbes*, vol. 1, no. 10, pp. 72–81, 2017.
- [9] D. M. Irawan, G. Iswanto, M. H. Furqon, and S. Hastuti, "Pengaruh Nilai Konstanta Terhadap Pertambahan Panjang Pegas," vol. 1, no. 5, pp. 3–6, 2018.
- [10] L. W. Cahyadi and T. Andromeda, "KINERJA KONVERTER ARUS SEARAH TIPE BUCK CONVERTER DENGAN UMPAN BALIK TEGANGAN BERBASIS TL494."

