

# Rancang Bangun Prototipe *Speed Bump* (Polisi Tidur) Memanfaatkan *Piezoelectric* PZT (*Publum Zirconat Titanate*) Dengan Mengaplikasikan *Boost Converter*

Hermawati<sup>1</sup>, Caroline<sup>1</sup> Ike Bayusari, Rahmawati<sup>1</sup>, Destri Mutiara<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Indralaya, Indonesia

Penulis Korespondensi: herma08@gmail.com

**Abstrak**— Energi adalah hal yang paling dibutuhkan di kehidupan, sehingga manusia mencoba menemukan solusi dengan menciptakan alat penghasil energi. Salah satu contohnya ialah dengan memanfaatkan pijakan atau tekanan sepeda motor pada *speed bump* (polisi tidur) yang dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan transduser berupa *piezoelectric* PZT. *Piezoelectric* menghasilkan daya yang rendah, maka dari itu penulis menambahkan atau mengaplikasikan *boost converter* yang berfungsi sebagai *step up* atau penaik tegangan yang rangkaian prototipe dirangkai secara seri kemudian membandingkan keluaran berupa tegangan, arus dan daya tanpa *boost converter* dan menggunakan *boost converter*. Keluaran dari prototipe berupa tegangan dan arus AC yang akan dikonversikan menjadi tegangan dan arus DC dengan menggunakan dioda *bridge*. Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan menggunakan 6 jenis berat total berupa gabungan berat sepeda motor dan berat badan pengendara menghasilkan keluaran terbesar yang berasal dari rangkaian menggunakan *boost converter* pada berat total 170 Kg dengan tegangan 5,31 V dan arus 0,32 mA, sehingga daya yang dihasilkan sebesar  $13,535 \times 10^{-4}$  Watt. Dan dapat disimpulkan bahwa keluaran yang dihasilkan berbanding lurus dengan berat dari sepeda motor dan berat pengendara.

**Kata Kunci**—*Piezoelectric*, *Speed Bump* (Polisi Tidur), *Boost Converter*, Daya Listrik.

**Abstract**—Energy is the most needed thing in life, so humans try to find solutions by creating energy-producing tools. One example is by utilizing motorcycle footholds or pressure on speed bump which can be converted into electrical energy using a transducer in the form of a *piezoelectric* PZT. *Piezoelectric* produces low power, therefore the author adds or applies a *boost converter* which functions as a *step up* or voltage booster in which the prototype circuit is arranged in series and then compares the output in the form of voltage, current and power without a *boost converter* and using a *boost converter*. The output of the prototype is voltage and current AC which will be converted to voltage and current DC using a diode bridge. Based on the results of measurements and calculations using 6 types of total weight in the form of a combination of the weight of the motorbike and the rider's body weight, the largest output comes from the circuit using a *boost converter* at a total weight of 170 Kg with a voltage of 5.31 V and a current of 0.32 mA, so that the power produced by  $13.535 \times 10^{-4}$  Watt. And it can be concluded that the output produced is directly proportional to the weight of the motorbike and the weight of the rider.

**Keywords**—*Piezoelectric*, *Speed Bump*, *Boost Converter*, Electrical Power.

## I. PENDAHULUAN

Di Indonesia, konsumsi energi listrik semakin meningkat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk. Dan saat ini energi menjadi peranan yang sangat penting di kehidupan manusia terlebih bahan bakar fosil menjadi andalan yang seharusnya dikurangi agar kerusakan lingkungan dapat terhindari. Salah satu revolusi yang dapat dilakukan oleh berbagai pihak ialah dengan memanfaatkan atau menggunakan sumber-sumber energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan dan juga sebagai cadangan energi dengan cara membangun sebuah alat yang dapat menghasilkan energi [1]. Proses mengonversi energi biasanya bisa berasal dari energi bunyi, energi gerak, energi potensial, energi mekanik, dan sebagainya yang bisa dikonversikan menjadi energi listrik. Menurut data BPS (Badan Pusat Statistik) tahun 2020 menyebutkan bahwa jumlah kendaraan di Indonesia mencapai 136.137.451 juta unit dan 155 juta unit diantaranya ialah sepeda motor [2]. Dengan meningkatnya jumlah kendaraan bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif terbarukan, yang tanpa disadari energi tersebut terbuang begitu saja. Namun untuk mengonversi energi tersebut menjadi energi listrik diperlukan sebuah alat yaitu transduser [3]. Mengenai *piezoelectric* sebagai penghasil energi sudah diteliti oleh penelitian sebelumnya, seperti Pengaruh pantulan bola pada trampolin yang dihasilkan oleh *piezoelectric* sebagai permanen energi dengan menghasilkan tegangan tertinggi yang hasilkan sebesar 1,111 Volt [5]. Selanjutnya penelitian sebelumnya yang memanfaatkan

tekanan air hujan pada *piezoelectric* dengan stabilizer dan menghasilkan tegangan terbaik sebesar 0,94 Volt [1]. *Piezoelectric* menghasilkan energi dengan skala mikro dikarenakan polarisasi pada kristal berkembang dan menghasilkan medan listrik sehingga tekanan yang diberikan pada *piezoelectric* kesimetrisannya akan terganggu sehingga menghasilkan tegangan listrik yang rendah. Oleh karena itu penulis bermaksud menambahkan atau mengaplikasikan *Boost Converter* pada penelitian sehingga bisa menaikkan tegangan keluaran yang dihasilkan dari *piezoelectric*. Dan hasil yang diharapkan dari rancang bangun pembangkit listrik mampu menghasilkan energi listrik saat dilalui kendaraan bermotor dengan kecepatan konstan 5 km/jam.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Speed Bump (Polisi Tidur)

Selain berfungsi sebagai pengaman jalan *Speed bump* juga dapat menghasilkan energi listrik yang dapat dipakai untuk penerangan rumah tangga, penerangan jalan raya dan sebagainya [4]. *Speed bump* mengalami perubahan energi kinetik (gaya horizontal yang diberi tekanan) menjadi energi listrik yang akan disimpan ke baterai atau accumulator dan siap digunakan untuk penerangan umum. Artinya tidak akan mengalami pemborosan energi. *Speed bump* sebagai penghasil sumber energi harus ditempatkan di posisi yang tepat dimana bergantung pada frekuensi kendaraan yang melintasinya. Langkah awal gerak *speed bump* sebagai pembangkit listrik bermula dari *bump* yang diinjak sepeda motor yang melewatinya [5]. Pengembangan *speed bump* sebagai penghasil energi dari kendaraan bermotor dilakukan dengan cara memberikan gaya pegas pada mekanik *speed bump*. Pegas ialah elemen yang digunakan dalam memberika torsi, gaya, menyimpan atau melepaskan energi [6].

### B. Piezoelectrivity

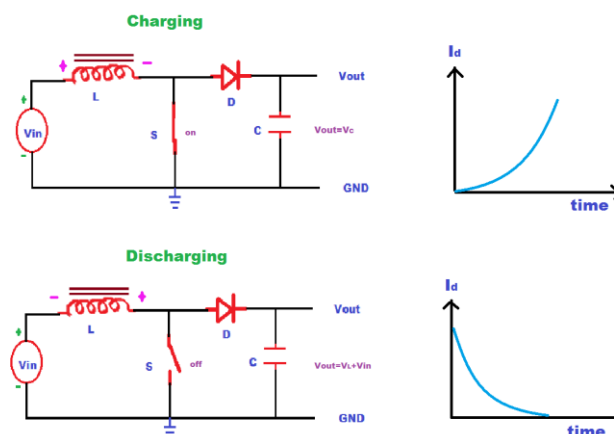
*Piezoelectrivity* merupakan sebuah fenomena atau kejadian dimana gaya yang bekerja pada suatu bahan akan menimbulkan muatan listrik yang disebabkan adanya distribusi listrik dalam sel kristal. Nilai muatan yang ada pada *Piezoelectric* sendiri sekitar 1-100 picocoloumb/Newton. (William 2010)

### C. Boost Converter

*Boost Converter* merupakan konverter yang digunakan untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan DC dengan magnitud yang tinggi seperti halnya pada transformator *step up*. *Boost converter* terdiri dari beberapa komponen yang digunakan seperti dioda, kapasitor, induktor, MOSFET, rangkaian kontrol serta sumber masukan DC.

### D. Prinsip Kerja Boost Converter

Prinsip kerja dari *boost converter* dibedakan menjadi dua yakni pada kondisi *on* dan kondisi *off* yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 1 On dan Off Boost Coverter [22]

#### 1. Boost Converter Kondisi On

Pada kondisi *on* sistem *boost converter* menciptakan dua sumber yang akan diberikan ke beban, yaitu *power supply* dan induktor. Pada kondisi *on* kapasitor melakukan proses *discharging* terhadap beban. Disebabkan dioda memblokir arus yang dihasilkan dari *discharging* kapasitor menuju ke induktor.

## 2. *Boost Converter* Kondisi *Off*

Pada kondisi *off* sumber tegangan yang berasal dari *power supply* dan arus dari induktor akan melepas menuju kapasitor lalu menuju ke beban. Nilai pelepasan ini berjumlah besar dikarenakan kombinasi antara *power supply* dan induktor. Dimana ketika kapasitor mempunyai arus yang besar akan dimampatkan menjadi energi berupa tegangan yang disimpan oleh kapasitor. Tentunya tegangan ini bernilai besar dibandingkan dengan tegangan input dan sebagai gantinya arus akan lebih kecil dikarenakan output dari *boost converter* terhubung secara paralel dengan kapasitor.

## E. Gaya Berat

Hukum Newton menyatakan bahwa semua benda akan menarik benda lain karena memiliki massa. Gaya tarik kedua benda tersebut yang memiliki massa sering disebut juga dengan gaya berat atau gaya gravitasi. Gaya tarik pada suatu benda tergantung dengan massa sendiri atau gaya gravitasi pada suatu benda sama dengan nol. Beda halnya dengan gaya gravitasi bumi dikarenakan massa bumi yang besar sehingga gravitasi yang dihasilkan juga besar. Dengan adanya gaya gravitasi mengakibatkan semua benda yang ada di permukaan bumi ini memiliki berat [7]. Dan dapat dilihat dari persamaan (1).

$$w = m \cdot g \quad (1)$$

Keterangan:

w = Gaya Berat (Newton)  
m = Massa (Kg)  
g = Gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

## F. Tekanan

Gaya tekan dihasilkan dari gaya berat yang bekerja pada suatu bidang yang dapat dilihat pada persamaan berikut [19]:

$$P_t = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Keterangan :

$P_t$  = Tekanan (Pa)  
F = Gaya (N)  
A = Luas Bidang (m<sup>2</sup>)

## G. Daya Listrik [8]

Daya listrik merupakan daya yang mengalir atau yang bekerja pada suatu rangkaian dengan satuannya Watt. Daya terbagi menjadi tiga jenis daya yaitu daya aktif, daya semu dan daya reaktif. Daya aktif adalah daya yang di pengaruhi faktor daya yang diterima dari pembangkit dengan satuan Watt (W). Yang dapat dilihat pada persamaan (3)

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (3)$$

Keterangan:

P = Daya Aktif (Watt)  
V = Tegangan (Volt)  
I = Arus (Ampere)  
 $\cos \phi$  = Faktor Daya

Daya reaktif (Q) ialah jumlah daya yang diperlukan dalam pembentukan medan magnet. Dan daya reaktif juga merupakan daya yang di serap dan dikembalikan lagi ke sumbernya, terdapat pada persamaan berikut:

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \quad (4)$$

Keterangan

Q = Daya Reaktif (VAR)  
V = Tegangan (Volt)  
I = Arus (Ampere)

Daya semu adalah daya yang dihasilkan dari generator atau pembangkit yang ditransmisikan ke pelanggan listrik atau daya yang diberikan PLN kepada konsumen dengan satuan VA yang dapat dilihat dari persamaan berikut:

$$S = V \cdot I \quad (5)$$

Keterangan :

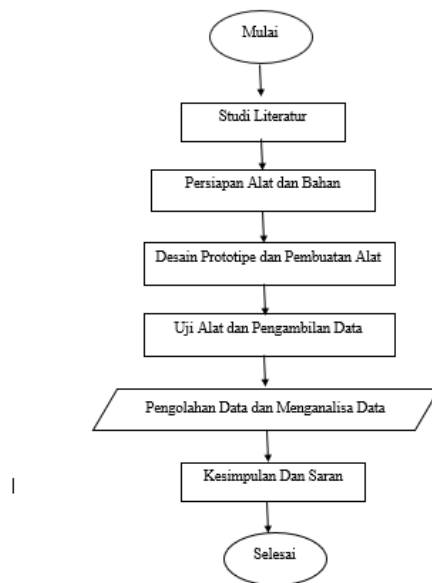
S = Daya semu (VA)

V = Tegangan (Volt)  
I = Arus (Ampere)

### III. METODOLOGI PENELITIAN

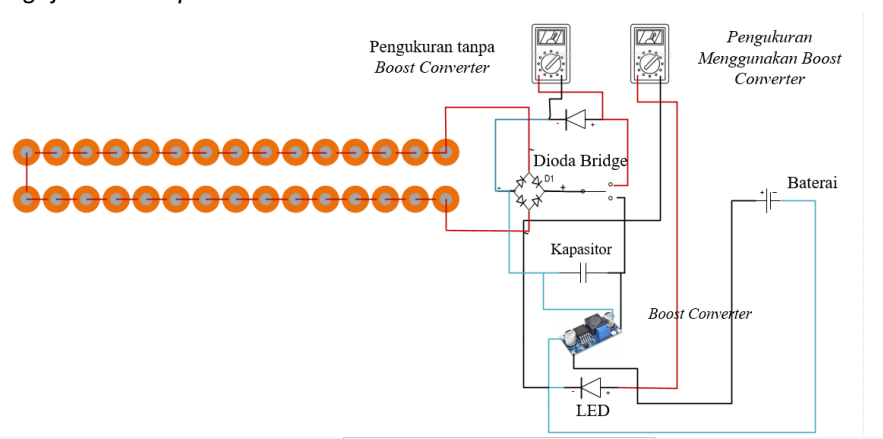
Proses pembuatan prototipe serta pengukuran arus dan tegangan dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Teknik Elektro Universitas Sriwijaya dimulai pada bulan Januari 2023. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Penelitian diawali dengan studi literatur mengenai energi, piezoelektrik, dan dasar kelistrikan, mempersiapkan alat dan bahan. Selanjutnya dimulai proses perancangan prototipe. Setelah alat uji selesai dirancang dilakukan pengujian dan pengambilan data tekanan, arus, dan tegangan. Selanjutnya, data diolah dan dianalisis untuk memperoleh kesimpulan dari penelitian.

#### A. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

#### B. Rangkaian Pengujian Prototipe



Gambar 3. Rangkaian Pengujian Prototipe

Berdasarkan Gambar 3 diatas, Untuk mengukur tegangan dan arus pada penelitian ini menggunakan multimeter digital. Ketika prototipe di rangkaian secara seri maka elemen positif dihubungkan ke elemen negatif. Tegangan yang dikeluarkan pada rangkaian *Piezoelectric* merupakan tegangan AC sehingga dihubungkan ke dioda bridge yang berfungsi mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Lalu tegangan yang keluar dihubungkan ke saklar SPDT yang berfungsi sebagai switch on/off dalam pengukuran rangkaian

*piezoelectric* tanpa *boost converter* dan menggunakan *boost converter* kemudian dialirkan ke beban yaitu lampu LED untuk mengetahui seberapa besar arus yang dikeluarkan. Beda halnya pengukuran rangkaian *piezoelectric* dengan menambahkan *boost converter*, tegangan yang keluar dari dioda bridge yang kemudian di hubungkan ke saklar SPDT akan disambungkan ke kapasitor untuk menstabilkan tegangan lalu disambungkan ke *boost converter* guna menaikkan tegangan dan kemudian dialirkan ke lampu LED untuk mengukur arus keluarannya yang kemudian di tampung di baterai.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan data berupa, gaya, tekanan, arus, tegangan, dan daya. Nilai gaya dan tekanan didapatkan melalui persamaan (1) dan (2) yaitu:

##### Gaya Berat

$$\begin{aligned} F &= w = m \times g \\ &= 140 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 1.372 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Luas alas tekan (A)} = 60 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} = 600 \text{ cm}^2 = 0,06 \text{ m}^2$$

##### Tekanan

$$\begin{aligned} P_t &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{1.372 \text{ N}}{0,06 \text{ m}^2} \\ &= 22.866,6 \text{ Pa} \end{aligned}$$



Gambar 4. Rangkaian Pengujian Prototipe Speed Bump (Polisi Tidur) Memanfaatkan *Piezoelectric*

Hasil pengukuran dan perhitungan arus dan tegangan pada *speed bump* (polisi tidur) dengan memanfaatkan *piezoelectric* tanpa menggunakan *boost converter* dan menggunakan *boost converter* yang akan disajikan kedalam bentuk tabel dan grafik dibawah berikut:

TABEL I. DATA HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN TANPA MENGGUNAKAN BOOST CONVERTER

| Berat Total (Kg) | Gaya Berat (N) | Tekanan (Pa) | Percobaan | Pengukuran   |           |                        |
|------------------|----------------|--------------|-----------|--------------|-----------|------------------------|
|                  |                |              |           | Tegangan (V) | Arus (mA) | Daya (Watt)            |
| 140              | 1.372          | 22.866,6     | 1         | 2,06         | 0,22      | $4,532 \times 10^{-4}$ |
|                  |                |              | 2         | 2,07         | 0,24      | $4,968 \times 10^{-4}$ |
|                  |                |              | 3         | 1,98         | 0,20      | $3,96 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 4         | 1,87         | 0,15      | $2,805 \times 10^{-4}$ |
|                  |                |              | 5         | 1,93         | 0,19      | $3,667 \times 10^{-4}$ |
|                  |                |              | 6         | 1,91         | 0,16      | $3,056 \times 10^{-4}$ |
|                  |                |              | Rata-rata | 1,97         | 0,19      | $3,831 \times 10^{-4}$ |
| 144              | 1.411,2        | 23.520       | 1         | 1,95         | 0,19      | $3,705 \times 10^{-4}$ |
|                  |                |              | 2         | 1,88         | 0,15      | $2,82 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 3         | 2,18         | 0,28      | $6,104 \times 10^{-4}$ |
|                  |                |              | 4         | 2,14         | 0,24      | $5,136 \times 10^{-4}$ |
|                  |                |              | 5         | 2,22         | 0,30      | $6,6 \times 10^{-4}$   |
|                  |                |              | 6         | 2,16         | 0,26      | $5,616 \times 10^{-4}$ |

|     |         |          |           |      |      |                         |
|-----|---------|----------|-----------|------|------|-------------------------|
|     |         |          | Rata-rata | 2,08 | 0,23 | $4,996 \times 10^{-4}$  |
| 150 | 1.470   | 24.500   | 1         | 2,14 | 0,25 | $5,35 \times 10^{-4}$   |
|     |         |          | 2         | 1,98 | 0,19 | $3,762 \times 10^{-4}$  |
|     |         |          | 3         | 2,05 | 0,23 | $4,715 \times 10^{-4}$  |
|     |         |          | 4         | 2,16 | 0,26 | $5,616 \times 10^{-4}$  |
|     |         |          | 5         | 2,20 | 0,36 | $7,92 \times 10^{-4}$   |
|     |         |          | 6         | 2,13 | 0,23 | $4,899 \times 10^{-4}$  |
|     |         |          | Rata-rata | 2,11 | 0,25 | $5,377 \times 10^{-4}$  |
| 158 | 1.587,6 | 26.460   | 1         | 2,28 | 0,30 | $6,84 \times 10^{-4}$   |
|     |         |          | 2         | 2,24 | 0,28 | $6,272 \times 10^{-4}$  |
|     |         |          | 3         | 2,14 | 0,25 | $5,35 \times 10^{-4}$   |
|     |         |          | 4         | 2,15 | 0,27 | $5,805 \times 10^{-4}$  |
|     |         |          | 5         | 2,09 | 0,23 | $4,2427 \times 10^{-4}$ |
|     |         |          | 6         | 2,34 | 0,38 | $8,892 \times 10^{-4}$  |
|     |         |          | Rata-rata | 2,20 | 0,28 | $6,233 \times 10^{-4}$  |
| 164 | 1.607,2 | 26.786,6 | 1         | 2,23 | 0,29 | $6,467 \times 10^{-4}$  |
|     |         |          | 2         | 2,28 | 0,34 | $7,752 \times 10^{-4}$  |
|     |         |          | 3         | 2,15 | 0,28 | $6,02 \times 10^{-4}$   |
|     |         |          | 4         | 2,26 | 0,32 | $7,232 \times 10^{-4}$  |
|     |         |          | 5         | 2,20 | 0,27 | $5,94 \times 10^{-4}$   |
|     |         |          | 6         | 2,24 | 0,31 | $6,944 \times 10^{-4}$  |
|     |         |          | Rata-rata | 2,22 | 0,30 | $6,725 \times 10^{-4}$  |
| 170 | 1.666   | 27.766,6 | 1         | 2,28 | 0,36 | $5,88 \times 10^{-4}$   |
|     |         |          | 2         | 2,20 | 0,31 | $6,82 \times 10^{-4}$   |
|     |         |          | 3         | 2,16 | 0,29 | $6,264 \times 10^{-4}$  |
|     |         |          | 4         | 2,14 | 0,28 | $5,992 \times 10^{-4}$  |
|     |         |          | 5         | 2,21 | 0,32 | $7,072 \times 10^{-4}$  |
|     |         |          | 6         | 2,47 | 0,40 | $9,88 \times 10^{-4}$   |
|     |         |          | Rata-rata | 2,24 | 0,32 | $6,984 \times 10^{-4}$  |

TABEL II. DATA HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN MENGGUNAKAN BOOST CONVERTER

| Berat total (Kg) | Gaya Berat (N) | Tekanan (Pa) | Percobaan | Pengukuran   |           |                         |
|------------------|----------------|--------------|-----------|--------------|-----------|-------------------------|
|                  |                |              |           | Tegangan (V) | Arus (mA) | Daya (Watt)             |
| 140              | 1.372          | 22.866,6     | 1         | 4,79         | 0,16      | $7,664 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 2         | 4,81         | 0,17      | $8,177 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 3         | 4,5          | 0,13      | $3,461 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 4         | 4,34         | 0,09      | $3,906 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 5         | 4,48         | 0,13      | $5,824 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 6         | 4,44         | 0,10      | $4,44 \times 10^{-4}$   |
|                  |                |              | Rata-rata | 4,54         | 0,13      | $5,578 \times 10^{-4}$  |
| 144              | 1.411,2        | 23.520       | 1         | 4,49         | 0,13      | $5,837 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 2         | 4,27         | 0,14      | $5,978 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 3         | 4,84         | 0,20      | $9,68 \times 10^{-4}$   |
|                  |                |              | 4         | 4,69         | 0,16      | $7,504 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 5         | 4,62         | 0,16      | $7,392 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 6         | 4,75         | 0,19      | $9,025 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | Rata-rata | 4,60         | 0,14      | $7,569 \times 10^{-4}$  |
| 150              | 1.470          | 24.500       | 1         | 4,76         | 0,17      | $8,092 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 2         | 4,89         | 0,15      | $7,335 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 3         | 4,45         | 0,14      | $6,23 \times 10^{-4}$   |
|                  |                |              | 4         | 4,56         | 0,20      | $9,12 \times 10^{-4}$   |
|                  |                |              | 5         | 4,57         | 0,20      | $9,14 \times 10^{-4}$   |
|                  |                |              | 6         | 4,63         | 0,15      | $6,945 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | Rata-rata | 4,64         | 0,16      | $7,810 \times 10^{-4}$  |
| 158              | 1.587,6        | 26.460       | 1         | 4,95         | 0,25      | $7,45 \times 10^{-4}$   |
|                  |                |              | 2         | 4,76         | 0,19      | $9,044 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 3         | 4,89         | 0,16      | $7,824 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 4         | 4,92         | 0,20      | $9,84 \times 10^{-4}$   |
|                  |                |              | 5         | 4,64         | 0,13      | $6,032 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 6         | 5,42         | 0,29      | $15,718 \times 10^{-4}$ |
|                  |                |              | Rata-rata | 4,76         | 0,19      | $9,318 \times 10^{-4}$  |
| 164              | 1.607,2        | 26.786,6     | 1         | 4,89         | 0,20      | $9,78 \times 10^{-4}$   |
|                  |                |              | 2         | 4,82         | 0,28      | $13,496 \times 10^{-4}$ |
|                  |                |              | 3         | 4,63         | 0,20      | $9,26 \times 10^{-4}$   |
|                  |                |              | 4         | 5,15         | 0,22      | $11,33 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 5         | 4,76         | 0,19      | $9,044 \times 10^{-4}$  |
|                  |                |              | 6         | 4,61         | 0,23      | $10,603 \times 10^{-4}$ |
|                  |                |              | Rata-rata | 4,81         | 0,22      | $10,585 \times 10^{-4}$ |
| 170              | 1.666          | 27.766,6     | 1         | 5,53         | 0,30      | $16,59 \times 10^{-4}$  |

|  |  |  |           |      |      |                         |
|--|--|--|-----------|------|------|-------------------------|
|  |  |  | 2         | 5,18 | 0,25 | $12,95 \times 10^{-4}$  |
|  |  |  | 3         | 5,26 | 0,19 | $9,994 \times 10^{-4}$  |
|  |  |  | 4         | 4,46 | 0,20 | $8,92 \times 10^{-4}$   |
|  |  |  | 5         | 5,53 | 0,26 | $14,378 \times 10^{-4}$ |
|  |  |  | 6         | 5,93 | 0,31 | $18,383 \times 10^{-4}$ |
|  |  |  | Rata-rata | 5,31 | 0,25 | $13,535 \times 10^{-4}$ |

Pada tabel 1 merupakan hasil pengukuran dan perhitungan prototipe *piezoelectric* tanpa menggunakan *boost converter* dan tabel 2 merupakan hasil pengukuran dan perhitungan prototipe dengan menggunakan *boost converter*. Pengambilan data dilakukan 3 hari dari pukul 16.00 sampai jam 17.00 dengan rentang waktu 1 jam dengan pengambilan data sebanyak 6 kali tiap satu ukuran berat badan pengendara sehingga akan menghasilkan tegangan dan arus.

### Tegangan

Rangkaian prototipe tanpa menggunakan *boost converter*

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{1,97+2,08+2,11+2,20+2,22+2,24}{6} = 2,136 \text{ V}$$

Rangkaian prototipe menggunakan *boost converter*

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{4,54+4,60+4,64+4,76+4,81+5,31}{6} = 4,77 \text{ V}$$

### Arus

Rangkaian prototipe tanpa menggunakan *boost converter*

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{0,19+0,23+0,25+0,28+0,30+0,32}{6} = 0,30 \text{ mA}$$

Rangkaian prototipe tanpa menggunakan *boost converter*

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{0,13+0,14+0,16+0,19+0,22+0,25}{6} = 0,18 \text{ mA}$$

Data tegangan dan arus yang diperoleh dari hasil pengukuran akan diperhitungkan sehingga akan mendapatkan nilai daya. Perhitungan nilai daya pada rangkaian tanpa menggunakan *boost converter* dan menggunakan *boost converter* dari tegangan rata-rata dan arus rata-rata dan perhitungan nilai daya yang lain terdapat pada lampiran data.

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

$\cos \phi$  dianggap 1 dikarenakan keluaran prototipe ialah keluaran DC

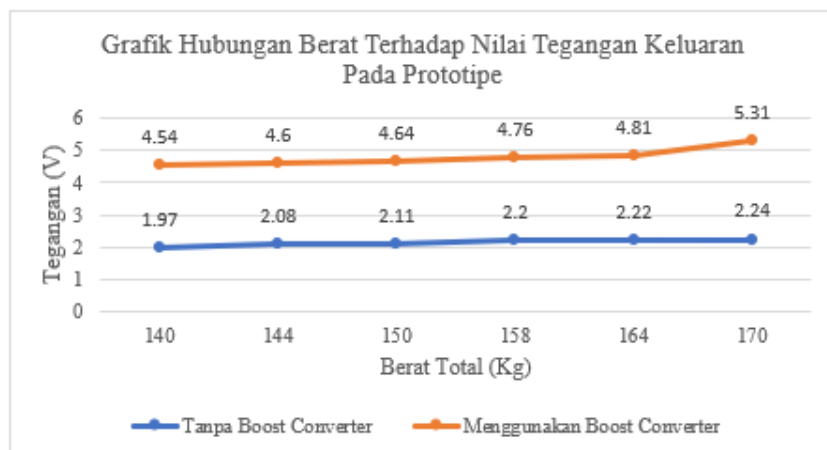
Perhitungan daya pada rangkaian tanpa *boost converter*

$$P = 2,243 \text{ V} \times 0,30 \text{ mA} \times 1 = 6,729 \times 10^{-4}$$

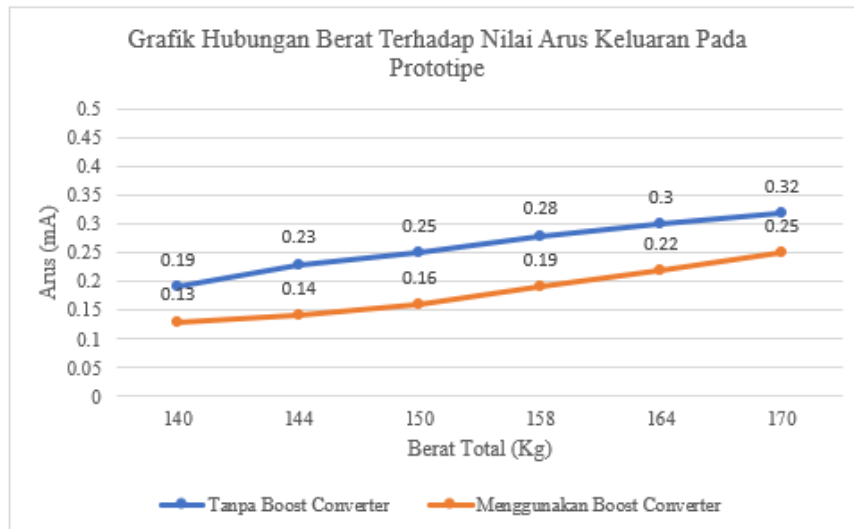
Perhitungan daya pada rangkaian menggunakan *boost converter*

$$P = 4,77 \text{ V} \times 0,18 \text{ mA} \times 1 = 8,586 \times 10^{-4}$$

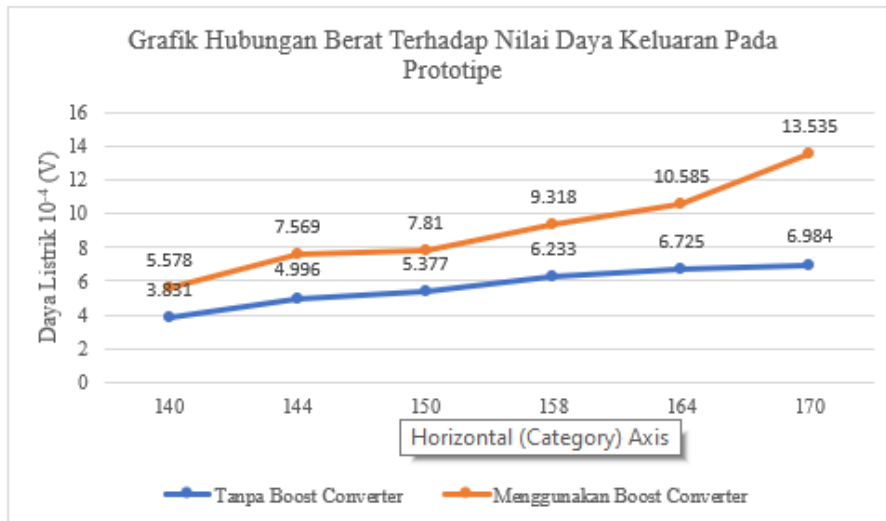
Dari data hasil pengukuran dan perhitungan pada tabel 1 dan 2 diatas maka didapat grafik hubungan berat terhadap nilai tegangan, arus dan daya dibawah berikut yang tujuannya untuk memudahkan dalam menganalisa data.



Gambar 5. Grafik Hubungan Berat Terhadap Nilai Tegangan Keluaran Rangkaian Prototipe tanpa *Boost Converter* dan Menggunakan *Boost Converter*.



Gambar 6. Grafik Hubungan Berat Terhadap Nilai Arus Keluaran Rangkaian Prototipe tanpa *Boost Converter* dan Menggunakan *Boost Converter*.



Gambar 7. Grafik Hubungan Berat Terhadap Nilai Daya Keluaran Rangkaian Prototipe tanpa *Boost Converter* dan Menggunakan *Boost Converter*.

Dari grafik tersebut terlihat bahwa tegangan terbesar dihasilkan pada rangkaian prototipe dengan menggunakan *boost converter* sebesar 5.31 V pada berat total 170 Kg dan tegangan terkecil dihasilkan pada rangkaian prototipe tanpa menggunakan *boost converter* sebesar 1.97 V pada berat total 140 Kg. Sehingga dapat dianalisa bahwa rangkaian menggunakan *boost converter* menghasilkan tegangan yang lebih besar dibandingkan tanpa menggunakan *boost converter* hal ini disebabkan karena fungsi dari *boost converter* itu sendiri ialah sebagai *step up* atau penaik tegangan. Dan arus terbesar dihasilkan pada rangkaian prototipe tanpa menggunakan *boost converter* sebesar 0.32 mA dibandingkan dengan rangkaian prototipe menggunakan *boost converter* hal ini dikarenakan pada rangkaian menggunakan *boost converter* arus akan terbagi bukan hanya ke LED tetapi juga terbagi *boost converter* itu sendiri karena *boost converter* merupakan beban listrik.

Dan juga dapat disimpulkan bahwa pada rangkaian tanpa menggunakan *boost converter* daya terbaik dihasilkan pada berat 170 Kg sebesar  $6,984 \times 10^{-4}$  Watt dan menghasilkan daya terkecil pada berat 140 Kg sebesar  $3,831 \times 10^{-4}$  Watt. Sedangkan untuk rangkaian dengan menggunakan *boost converter* menghasilkan daya maksimum pada berat 170 Kg sebesar  $13,535 \times 10^{-4}$  Watt dan daya terkecil dengan berat total 140 Kg sebesar  $5,578 \times 10^{-4}$  Watt. Dari grafik diatas juga menunjukkan bahwa berat total yang merupakan gabungan dari berat sepeda motor dan berat badan pengendara mempengaruhi atau berbanding lurus dengan nilai tegangan yang didapat. Semakin besar berat total dari motor dan berat badan pengendara yang menginjak



*speed bump* (polisi tidur) maka semakin besar juga tegangan yang didapat. Dan semakin kecil berat total yang menginjak *speed bump* (polisi tidur) maka semakin kecil juga tegangan yang didapat.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Prototipe *speed bump* (polisi tidur) dengan menggunakan *piezoelectric PZT* berjumlah 30 buah yang dirangkai secara seri dengan kondisi tanpa menggunakan *boost converter* dan menggunakan *boost converter* dapat dijadikan penghasil energi berskala mini dikarenakan menghasilkan daya listrik yang masih kecil yang bisa digunakan untuk mencharge baterai, powerbank, dan masih banyak lainnya. Dari hasil pengujian dengan variasi berat total yaitu gabungan berat sepeda motor dan berat badan pengendara yang dirangkai secara seri menghasilkan tegangan maksimal pada berat 170 Kg sebesar 5,31 V pada rangkaian prototipe dengan menggunakan *boost converter*. Kemudian untuk tegangan minimum pada berat 140 Kg sebesar 1,96 V pada rangkaian prototipe tanpa menggunakan *boost converter*. Hal ini dapat disebabkan karena fungsi dari *boost converter* itu sendiri ialah sebagai *step up* atau penaik tegangan. Sedangkan untuk arus maksimum yang dihasilkan pada berat 170 Kg sebesar 0,32 mA pada rangkaian tanpa *boost converter*. Dan untuk arus minimum pada berat 140 Kg sebesar 0,13 mA yang dihasilkan pada rangkaian prototipe dengan menggunakan *boost converter*. Hal ini disebabkan karena *boost converter* juga merupakan beban listrik sehingga arus yang dihasilkan akan terbagi ke *boost converter*. Daya yang dihasilkan dari hasil perhitungan terbesar pada berat 170 Kg sebesar  $13,535 \times 10^{-4}$  Watt dengan menggunakan *boost converter*, sedangkan untuk daya terkecil pada berat 140 Kg sebesar  $3,831 \times 10^{-4}$  Watt. Hal ini dapat disimpulkan bahwa perbedaan berat total berbanding lurus dengan daya listrik yang dihasilkan.

Saran untuk penelitian sebelumnya agar penelitian selanjutnya lebih baik lagi yaitu Menggunakan material yang kaku dan kuat seperti besi, ketika kendaraan melintas di *speed bump* maka tekanan dan deformasi yang dihasilkan akan lebih besar dari pada menggunakan kayu. Ini dapat meningkatkan respons *piezoelectric* dan menghasilkan energi listrik yang lebih besar. Memperhatikan ketinggian dari prototipe *speed bump* agar sepeda motor metic yang melintasi *speed bump* tidak tersangkut. Melakukan penelitian tentang material *piezoelectric* baru yang memiliki sifat *piezoelectric* yang lebih baik atau respons yang lebih tinggi terhadap tekanan mekanik yang dapat membantu meningkatkan efisiensi dan performa prototipe *speed bump*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Diniardi, S. Syawaludin, A. I. Ramadhan, N. H. Fithriyah, and E. Dermawan, "Analisis Daya Piezoelektrik Model Hybrid Solar Cell-Piezoelectric Skala Rendah," *J. Teknol. Univ. Muhammadiyah Jakarta*, vol. 10, no. 2, pp. 139–146, 2018.
- [2] Janika putri indah Sari, "jumlah kendaraan bermotor di indonesia tembus 149, 7 juta unit."
- [3] M. Isra, "STUDI EXPERIMENTAL PEMANFAATAN SPEED BAMPER ( POLISI TIDUR ) MENJADI ENERGI LISTRIK MENGGUNAKAN PIEZOELEKTRIK Pelaksanaan penelitian dari bulan April 2020 Sampai dengan agustus 2020 pembuatan dan pengujian yang berlokasi di Jl . Cinta mulia RT 19 , block ."
- [4] D. Mansur P. Siregar, "Edisi Cetak Jurnal Dinamis , Juni 2017 ( ISSN : 0216-7492 ) Edisi Cetak Jurnal Dinamis , Juni 2017 ( ISSN : 0216-7492 )," no. 2, pp. 36–46, 2017.
- [5] A. Suryadi, E. A. Nugroho, and P. T. Asmoro, "Rancang Bangun Speed Bump Sebagai Pembangkit Listrik Energi Alternatif," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 1, pp. 307–312, 2020, doi: 10.24176/simet.v11i1.4180.
- [6] E. Yulia, E. Permana Putra, E. Ekawati, and N. Nugraha, "Polisi Tidur Piezoelektrik Sebagai Pembangkit Listrik dengan Memanfaatkan Energi Mekanik Kendaraan Bermotor," *J. Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 8, no. 1, p. 105, 2016, doi: 10.5614/joki.2016.8.1.9.
- [7] A. Mikrajuddin, *IPA FISIKA 2 SMP dan Mts Untuk Kels VII*. Erlangga, 2006.
- [8] M. F. Jambak, *Monotoring Pemakaian Listrik Berbasis Mikrokontroler*. 2022.