

Pemanfaatan Kelereng sebagai Media Tumbuk Pada Piezoelektrik Pemanen Energi

Adhes Gamayel¹⁾, Hamdan Hariyanto¹⁾, Asep Supriadi¹⁾, Kokom Komalasari¹⁾
Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi dan Kesehatan Jakarta
Jl. Jatiwaringin Raya No.278 Pondok Gede
Email : adhes@itkj.ac.id

Abstrak –Piezoelektrik merupakan pemanen energi dengan prinsip kerja mendapatkan tekanan pada materialnya sehingga menimbulkan konsentrasi muatan listrik. Tekanan yang berulang dalam periode tertentu akan menimbulkan getaran dan dapat menghasilkan tegangan listrik. Harga material yang mahal menjadi kendala dalam pemanfaatan sebagai pemanen energi. Peneliti berfokus pada bagaimana cara menimbulkan getaran yang berulang sehingga pemanenan energi dapat berlangsung secara simultan. Metode penelitian yang digunakan adalah menjatuhkan kelereng pada matras yang beberapa sisinya dikaitkan dengan pegas. Kelereng dengan berat 5.7 dan 22 gram dijatuhkan pada ketinggian 15, 20, dan 30 cm kemudian dilakukan pengukuran besaran tegangan listrik yang dihasilkan. Kedua kelereng dijatuhkan secara bebas dan menggunakan pipa berdiameter 27 mm. Hasil penelitian didapatkan bahwa nilai tegangan tertinggi sebesar 1.76 volt dihasilkan pada kelereng 22 gram yang dijatuhkan pada ketinggian 30 cm. Semakin tinggi letak kelereng dijatuhkan dan semakin berat massanya, maka semakin tinggi voltase yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena massa dan ketinggian memiliki korelasi positif terhadap energi mekanik yang dihasilkan. Energi mekanik besar berpengaruh terhadap momentum tumbukan yang terjadi pada matras sehingga menghasilkan lendutan besar pada piezoelektrik. Lendutan pada piezoelektrik menyebabkan tegangan listrik yang dihasilkan menjadi besar.

Kata kunci : Pemanen Energi, Piezoelektrik, Kelereng, Energi Listrik

1. Pendahuluan

Piezoelektrik merupakan pemanen energi dengan prinsip kerjanya mendapatkan tekanan pada material sehingga menimbulkan konsentrasi muatan listrik. Piezoelektrik menjadi sumber energi yang menarik untuk diteliti karena ramah lingkungan dan hanya membutuhkan tekanan yang berulang untuk menghasilkan listrik. *Lifetime* sistem pemanen energi hampir tidak terbatas jika tekanan dan temperatur pada sistem peralatan masih dalam kisaran operasional (1). Tegangan listrik yang dihasilkan oleh piezoelektrik relatif kecil sehingga membutuhkan baterai atau konduktor untuk digunakan sebagai penyimpan energi listrik (2).

Piezoelektrik telah di uji coba sebagai sumber energi pada sepeda yang bergerak dengan kecepatan 5 m/s dan frekuensi rata-rata 12.5 Hz mampu menyalakan lampu LED dengan daya maksimal 3.5 mW (3). Peneliti lain memanfaatkan turunnya air hujan untuk menghasilkan 0.72 DC Volt pada piezoelektrik

tipe PVDF (4). Saluran udara yang dipasang bluff body agar menghasilkan tolakan dan menggerakkan piezoelektrik dapat menghasilkan tegangan listrik mikro sebesar 5.2×10^{-3} volt (5). Sepatu piezoelektrik diuji dan menghasilkan tegangan listrik sebesar 1.16 volt pada orang dengan berat 65 kg (6). Prototype polisi tidur piezoelektrik dilewati mobil sebanyak 60 kali menghasilkan 380 mV (7). Bola karet dijatuhkan bebas dan menumbuk piezoelektrik dan menghasilkan tegangan listrik sebesar 7.7 volt (8). Pemanfaatan ombak untuk menggerakkan piezoelektrik mampu menghasilkan tegangan listrik sebesar 6.054 volt (9)

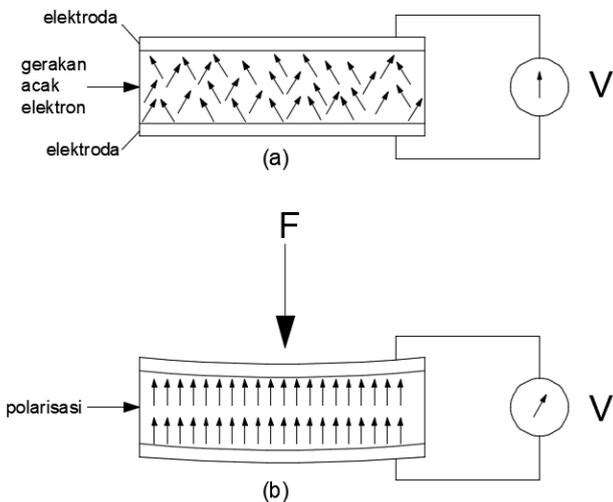
Berdasarkan latar belakang diatas, perlu diadakan penelitian secara terus menerus mengenai piezoelektrik sebagai pemanen energi. Tekanan yang timbul dari gerakan secara berulang dibutuhkan agar pemanen energi ini dapat menghasilkan tegangan listrik secara terus menerus dan dapat diimplementasikan langsung ke masyarakat. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui adanya potensi gerakan berulang yang dilakukan oleh kelereng ketika

menumbuk sebuah matras yang diikat oleh pegas. Selain itu, diharapkan dengan adanya penelitian ini mampu menghasilkan ide baru untuk aplikasi panen energi pada peralatan yang ada disekitar manusia.

2. Dasar Teori

2.1 Piezoelektrik

Piezoelektrik adalah suatu material penghasil tegangan listrik bila mendapatkan tekanan. Efek piezoelektrik adalah efek terjadinya perubahan energi mekanik menjadi energi listrik. Dalam peralatan elektronika, komponen tersebut biasa dinamakan transduser atau aktuator (10). Pada material piezoelektrik, terjadi polarisasi antara muatan positif dan negatif saat mengalami tekanan. Semakin besar tekanan yang terjadi, proses polarisasi lebih cepat dan menyebabkan nilai tegangan listrik besar.



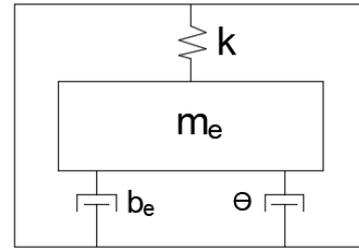
Gambar 1. (a) Gerakan acak electron sebelum mengalami gaya tekan, (b) polarisasi dengan arah electron yang teratur saat mengalami gaya tekan.

2.2 Getaran

Jika suatu gaya diberikan kepada plat yang ditahan kedua ujungnya, maka plat tersebut akan mengalami getaran. Getaran yang terjadi adalah gerakan naik turun plat dengan defleksi terbesar adalah di bagian tengah. Jika digambarkan dalam bentuk skema, maka gerakan naik turun plat tersebut akan membentuk grafik sinusoidal. Skema pemanen energi menggunakan sistem pegas-massa pada gambar 2 dimana konstanta pegas (k), massa (m), koefisien redaman mekanis (b_e), koefisien redaman induksi listrik (Θ) memiliki hubungan dalam perubahan gerakan sinusoidal.

Copyright © 2019 FT-UHAMKA. - All rights reserved

DOI: 10.22236/teknoka.v%vi%i.4285



Gambar 2. Model pemanen energi sistem pegas-massa (11)

Persamaan sinusoidal secara sederhana ditulis $z(t) = A \sin(\omega_n t)$. Dimana frekuensi natural didapat dengan persamaan $\omega_n = \sqrt{k/m}$. Berdasarkan gambar 2 tersebut, daya listrik maksimal dapat dihasilkan pada energi kinetik tinggi, frekuensi resonansi rendah dan tingkat energi redam rendah

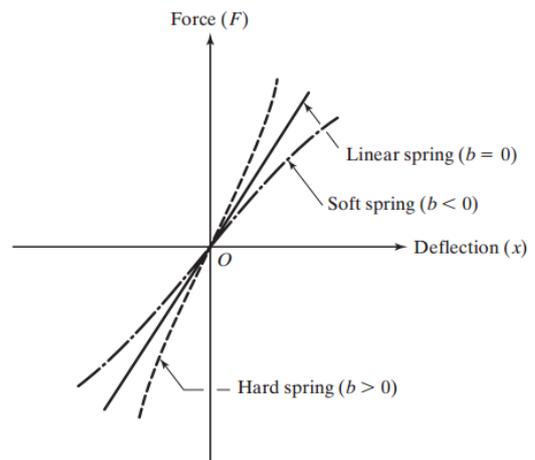
2.3 Pegas

Pegas merupakan salah satu jenis penghubung mekanis. Fungsi lainnya adalah sebagai benda elastis yang digunakan untuk menyimpan energi mekanis. Defleksi pegas dipengaruhi oleh gaya dengan persamaan :

$$F = ax + bx^3 ; a > 0$$

Dimana F = Gaya tekan
 a = konsanta pegas linier
 b = konstanta pegas nonlinier

$b > 0$ (hard spring)
 $b = 0$ (linier spring)
 $b < 0$ (soft spring)



Gambar 3. Hubungan pegas linier dan non linier terhadap defleksi (12)

3. Metodologi Penelitian

3.1 Metode Penelitian

Seminar Nasional TEKNOKA ke - 4, Vol. 4, 2019

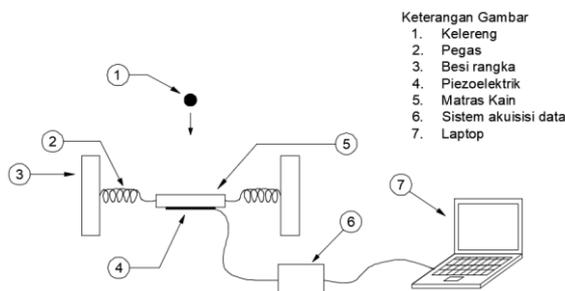
ISSN No. 2502-8782

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental sungguhan (*true experimental research*) dengan mengukur tegangan listrik yang dihasilkan oleh piezoelektrik ketika kelereng dijatuhkan pada ketinggian 15, 20, dan 30 cm.

3.2 Alat, Bahan dan Instalasi Penelitian

Pada penelitian ini digunakan Piezoelektrik berbahan keramik dengan ukuran 120 x 50 mm dan ketebaln 0.5 mm. Piezoelektrik diletakkan di bawah matras berukuran 185 x 125 mm. matras tersebut dikaitkan dengan pegas di 10 titik. Kelereng yang digunakan berdiameter 16.3 mm, berat 5.7 gram untuk kelereng kecil dan diameter 25.8 mm berat 22 gram untuk kelereng besar.

Pengambilan data dilakukan ketika kedua kelereng dijatuhkan menumbuk matras secara bebas dan menggunakan pipa berdiameter 27 mm. tujuan ditambahkan pipa agar titik jatuhnya kelereng tepat di daerah piezoelektrik. Pengukuran tegangan listrik menggunakan DATAQ Instrument dengan menjatuhkan 10 kelereng dalam waktu 20 detik kemudian di konversikan ke dalam tabel excel. Instalasi penelitian dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Instalasi penelitian

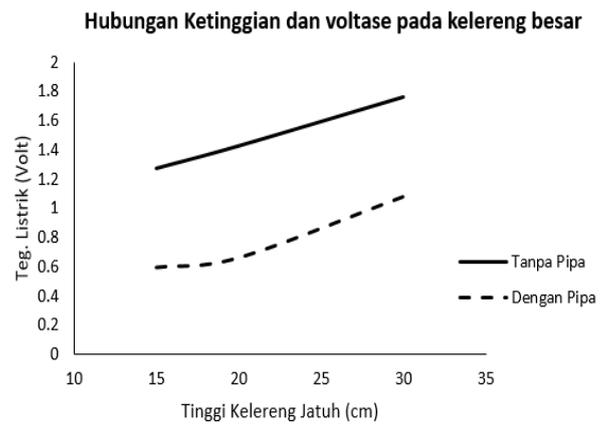
4. Temuan & Pembahasan

4.1 Hubungan ketinggian dan voltase pada kelereng besar dan kecil

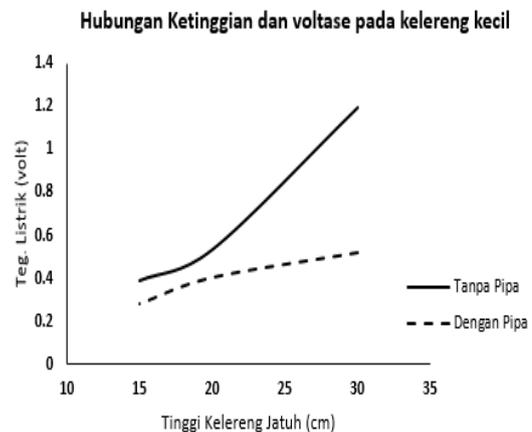
Gambar 5 (a) menunjukkan bahwa voltase tertinggi yaitu 1.76 volt didapatkan pada ketinggian 30 cm. Voltase yang dihasilkan kelereng yang dijatuhkan melalui pipa lebih rendah daripada kelereng yang jatuh bebas. Hal ini terjadi karena adanya faktor gesekan antara kelereng dengan dinding pipa saat kelereng dijatuhkan. Akibat gesekan tersebut, kecepatan kelereng menumbuk piezoelektrik menjadi lebih rendah daripada kecepatan kelereng saat jatuh bebas. Semakin besar gesekan yang terjadi antara kelereng

dan dinding pipa, maka semakin menurun kecepatan kelereng saat menumbuk piezoelektrik.

Kejadian pada Gambar 5 (b) memiliki kesamaan dengan Gambar 5 (a) dimana kelereng yang dijatuhkan melalui pipa menghasilkan voltase yang lebih rendah dibandingkan kelereng yang jatuh bebas. Gerakan jatuh bebas pada kelereng menyebabkan kecepatan menumbuk piezoelektrik hanya dipengaruhi oleh berat dan kecepatan gravitasi.



(a)

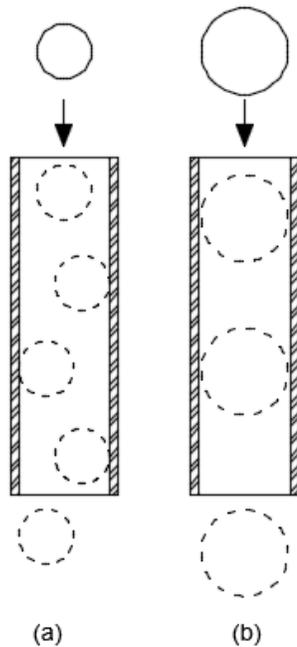


(b)

Gambar5. Hubungan ketinggian dan voltase (a) kelereng besar, (b) kelereng kecil

Jika dibandingkan tren grafik dari kelereng yang melalui pipa, kelereng besar tren grafiknya lebih meningkat dibandingkan dengan kelereng kecil. Hal ini terjadi karena saat melalui pipa, kelereng kecil mengalami banyak tumbukan dibandingkan dengan kelereng besar. Tumbukan yang terjadi disebabkan karena kelereng kecil masih dapat bergerak bebas di dalam pipa sehingga ketika terjadi tumbukan, gerakan kelereng tidak linier jatuh ke bawah. Jatuhnya kelereng kecil yang tidak linier ini menyebabkan kecepatan menumbuk pada piezoelektrik menjadi relatif rendah.

Hal yang berbeda terjadi pada kelereng besar, dimana diameter kelereng dan diameter dalam pipa berhimpit, sehingga berpotensi kelereng jatuh secara linier. Ilustrasi tumbukan dalam pipa pada kelereng besar dan kecil dapat dilihat pada Gambar 6.



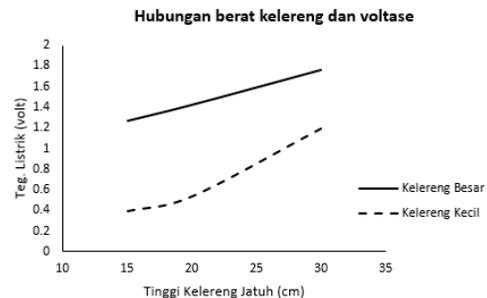
Gambar 6. Ilustrasi tumbukan dalam pipa
(a) kelereng kecil (b) kelereng besar

Banyaknya tumbukan dalam pipa, menyebabkan kecepatan dan energi yang dimiliki kelereng kecil untuk menumbuk matras menjadi kecil. Kelereng besar berpotensi memiliki gesekan lebih besar dengan dinding pipa, namun karena massa yang dimilikinya besar, maka saat menumbuk matras, energi jatuh dari kelereng besar masih tinggi.

4.2 Hubungan berat dan voltase

Gambar 7 adalah grafik yang membandingkan voltase yang dihasilkan dari gerak jatuh bebas dari kelereng besar dan kecil. Kelereng besar menghasilkan voltase lebih tinggi karena massa yang dimiliki kelereng besar lebih tinggi daripada kelereng kecil. Dengan adanya gerak jatuh bebas, dimana kecepatan menumbuk dipengaruhi oleh massa, ketinggian dan kecepatan gravitasi, maka pengaruh perbedaan massa menjadi faktor utama dalam hubungannya dengan voltase yang dihasilkan.

Massa berhubungan erat dengan voltase yang dihasilkan, karena saat kelereng jatuh bebas, terjadi energi mekanik dan momentum pada matras dan piezoelektrik. Semakin tinggi massa yang dimiliki sebuah kelereng, dimungkinkan tumbukan yang terjadi dengan piezoelektrik semakin besar dan lendutan yang terjadi besar sehingga voltase yang dihasilkan oleh piezoelektrik juga besar.



Gambar 7. Hubungan ketinggian dan momentum

5. Simpulan dan saran

5.1 Simpulan

Simpulan yang dapat diambil dari pembahasan diatas adalah :

1. Massa kelereng berpengaruh terhadap tegangan listrik yang dihasilkan oleh piezoelektrik. Pada penelitian ini, kelereng besar dengan massa 22 gram menghasilkan voltase tertinggi pada setiap ketinggian.
2. Pemakaian pipa sebagai jalur lintasan jatuhnya kelereng menyebabkan penurunan kecepatan menumbuk kelereng sehingga voltase yang dihasilkan lebih kecil.

5.2 Saran

Beberapa saran yang bisa dilakukan untuk penelitian lebih lanjut antara lain :

1. Perlu studi lebih lanjut menggunakan alat pada kehidupan sehari hari sebagai implementasi dari alat pemanen energy.
2. Perlu adanya uji ketahanan piezoelektrik apabila mengalami defleksi secara terus menerus.

Daftar Kepustakaan

1. Hendriawan a, Happyanto DC. Piezoelectric Sebagai Alternatif Catu Daya Tambahan pada Mobil Listrik. Inovtek. 2014 april; iv(1).
2. Sunardi A, Gamayel A. Pemanfaatan Pantulan Bola Karet sebagai Pemanen Energi pada Piezoelektrik. In Seminar

Nasional TEKNOKA; 2018; Jakarta. p. M-49.

3. Minazara E, Vasic D, Costa F. Piezoelectric Generator Harvesting Bike Vibrations Energy to Supply Portable Devices. 2014. 10.24084/repqi06.344.
4. Almanda D, Dermawan E, Diniardi E, Syawaluddin S, Ramadhan AI. Pengujian Desain Model Piezoelektrik PVDF Berdasarkan Variasi Tekanan. In Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta; 2016; Jakarta. p. 1-6.
5. Kasum K, Mulyana F, Gamayel A. Piezoelektrik sebagai pemanen energi dengan penambahan bluff body segitiga. Simetris. 2018 November; 9(2): p. 747-752.
6. Maulana R. Pemanfaatan Sensor Piezoelektrik sebagai Penghasil Sumber Energi pada Sepatu. Skripsi. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta, Program Studi Teknik Elektro; 2016.
7. Yulia E, Putra EP, Ekawati ,E, N. Polisi Tidur Piezoelektrik Sebagai Pembangkit Listrik dengan Memanfaatkan Energi Mekanik Kendaraan Bermotor. Jurnal Otomasi, Kontrol, dan Instrumentasi. 2016; 8(1).
8. Sunardi A, Gamayel A. Pemanfaatan Pantulan Bola Karet sebagai Pemanen Energi pada Piezoelektrik. In Seminar Nasional Teknoka 3; 2019; Jakarta. p. M49-M52.

9. Nabavi SF, Farshidianfar A, Afsharfard A, Khodaparast HH. An ocean wave-based piezoelectric energy harvesting system using breaking wave force. *International Journal of Mechanical Sciences*. 2019 February; 151.
10. Yulianti E, Triwahyuni D, Ahda S, Deswita D. Pembuatan Bahan Piezoelektrik Ramah Lingkungan dengan metode Molten Salt. *Indonesian Journal of Material Science*. 2012 April; 14(1).
11. Kundu S, Nemade HB. Modeling and Simulation of a Piezoelectric Vibration Energy Harvester. In 12th International Conference on Vibration Problems, ICOVP 2015; 2016. p. 568 – 575.
12. Rao SS. *Mechanical Vibration*. 5th ed.: Pearson; 2011.