

**PENGARUH KEKAKUAN PEGAS SPIRAL TERHADAP PEROLEHAN ENERGI
LISTRIK PADA *PROTOTYPE* ALAT KONVERSI ENERGI
BERBASIS *SPEED BUMP* SKALA LABOROTARIUM**

Hisyam Fazrin

*Program Studi S-1 Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan,, Bantul 55183
Email: Hisyamfazrin@yahoo.co.id*

INTISARI

Pegas mempunyai kemampuan untuk mengalami defleksi elastik yang besar, beban yang berkerja pada pegas dapat berbentuk gaya tarik, gaya tekan atau torsi twist force. Prototipe alat yang telah dirancang sebelumnya menggunakan pegas sebagai elemen yang mampu mengembalikan posisi speed bump setelah terkena beban pada posisi semula. Pegas tersebut juga mempunyai kemungkinan berpengaruh terhadap daya listrik yang dihasilkan, karena pegas juga memiliki fungsi untuk meredam sebuah gaya. Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh pegas terhadap daya listrik yang dihasilkan dengan perbandingan nilai kekakuannya. Alat yang digunakan pada penelitian ini menggunakan prototipe alat yang telah dirancang sebelumnya. Pegas yang digunakan divariasikan dengan 6 macam pegas dengan kekakuan berbeda. Beban yang digunakan adalah sebesar 60 kg. Penelitian ini dilakukan dengan cara memasang pegas pada alat dan mengukur besarnya arus serta tegangan yang dihasilkan. Pengujian tersebut dilakukan pada keenam jenis pegas yang telah disediakan. Arus dan tegangan diukur pada generator dengan menggunakan alat multi meter. Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui bahwa semakin besar nilai kekakuan pegas maka daya listrik yang dihasilkan semakin kecil. Hasil dari penggunaan pegas yang paling besar nilai kekakuannya memiliki nilai daya listrik yang kecil yaitu sebesar 0,0495 Watt, sementara nilai daya terbesar yaitu 0,093 Watt, dihasilkan dari penggunaan pegas dengan nilai kekakuan pegas yang terkecil yaitu 3,68 N/mm.

Kata kunci: energi, pembangkit energi listrik, pegas spiral, beban, speed bump.

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Semakin meningkatnya kegiatan ekonomi masyarakat berhubungan dengan kebutuhan energi. Indonesia dengan jumlah penduduk yang mengalami peningkatan dari tahun ke tahun dan pertumbuhan ekonomi terus berkembang, maka peningkatan kebutuhan energi adalah suatu hal yang tidak dapat dihindari (Agus, 2005).

Untuk memenuhi kebutuhan akan aktivitas ekonomi dan kehidupan

bermasyarakat, setiap orang memerlukan sebuah alat bantu berupa kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor di Indonesia saat ini bukan merupakan barang asing, hampir setiap orang mempunyai kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor dalam operasinya membutuhkan bahan bakar yang tidak sedikit. Selain untuk menempuh jarak, kendaraan bermotor juga memerlukan tenaga karena bobotnya yang berat

serta pembakaran yang lebih untuk mencapai kecepatan yang lebih tinggi.

Jalan raya merupakan sebuah tempat yang sangat mengerikan sebagai arena taruhan nyawa. Faktor yang menyebabkan terjadinya kecelakaan yang menewaskan ribuan jiwa, diantaranya adalah kondisi lampu jalan yang minim. Lampu penerangan jalan merupakan alat yang penting, karena jika hanya mengandalkan lampu dari kendaraan saja bisa saja maka pengendara tidak dapat melihat sekitar jalan dengan optimal.

Energi pada dasarnya dihasilkan dari benda yang bergerak, atau dengan kata lain setiap benda yang bergerak dapat menghasilkan energi. Berdasarkan pada prinsip tersebut, kendaraan yang melaju juga dapat berpotensi menghasilkan energi akibat bebannya. (Nugroho, 2016) telah membuat prototipe alat konversi energi mekanik dari laju kendaraan menjadi energi listrik. Pada dasarnya alat ini memanfaatkan energi mekanik dari kendaraan yang melaju dan dijadikan sebagai sumber energi listrik. Kendaraan yang melaju di jalan raya akan menginjak sebuah tuas yang telah didesain lalu disambungkan dengan rangkaian pegas dan roda gigi, selanjutnya sistem akan dihubungkan dengan poros generator dan menghasilkan energi listrik. Daya listrik yang dihasilkan disimpan dalam baterai yang kemudian digunakan sebagai energi listrik untuk lampu penerangan jalan.

Pegas merupakan alat yang penting dalam prototipe ini. Pegas adalah komponen yang memindahkan energi dan injakan menuju roda gigi. Tugas Akhir ini memfokuskan pada pegas di dalam alat konversi energi mekanik menjadi energi listrik. Beberapa pegas yang memiliki kekakuan yang berbeda digunakan pada penelitian ini.

2. Asumsi Dan Batasan Masalah

Pada penelitian ini, masalah dibatasi sebagai berikut:

- a. Alat yang digunakan adalah prototipe alat konversi energi mekanik menjadi energi listrik yang dibuat.
- b. Kekakuan pegas yang akan dihitung di alat prototipe.
- c. Rugi listrik yang terjadi tidak diperhitungkan.
- d. Beban yang digunakan yaitu manusia.

3. Tujuan

Tujuan alat penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh kekakuan pegas terhadap energi listrik yang dihasilkan pada prototipe alat konversi energi mekanik menjadi energi listrik.

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

1. Tinjauan Pustaka

Priandana dkk (2011) pernah meneliti tentang perubahan energi dari kendaraan yang melaju menggunakan *speed bump* menjadi energi listrik. Mekanisme alat yang dirancang antara lain adalah kendaraan melintasi *speed bump* menyebabkan terjadinya gerak translasi vertikal, gerak translasi vertikal ke bawah inilah yang kemudian diubah menjadi gerak rotasi yang dihubungkan dengan generator listrik pembangkit daya. Pengujian menggunakan ini generator pembangkit daya dengan tegangan di set 3,6 Volt. Hasil pengujian adalah melakukan out put yang ternyata belum memenuhi harapan, out put arus yang terdeteksi sangat kecil hanya berkisar 1-2 mA.

Asy'ari dkk (2013) menyatakan bahwa jumlah kendaraan bermotor yang melintas di jalan raya atau TOL dapat mencapai angka kerapatan 10 detik. Jumlah kendaraan tersebut sangat berpotensi untuk dimanfaatkan, salah satu pemanfaatannya adalah dengan membangun pembangkit listrik tenaga roda berjalan atau pemanfaatan energi gerak yang terbuang pada saat kendaraan melintasi polisi tidur. Prosedur penelitian yang dilakukan Asy'ari dkk (2013) terdiri dari beberapa tahap, yaitu pembuatan pijakan beban, desain penghubung tuas dengan rotor alternator dengan

media gearbox, serta pemanfaatan *flywheel* pada *gearbox* yang akan membantu meningkatkan kecepatan putar rotor alternator sehingga mampu menghasilkan energi listrik yang cukup besar. Penelitian ini memberi hasil bahwa pada saat putaran alternator 650 rpm. Tegangan keluaran alternator tersebut sebesar 16,7 Volt dan intensitas cahaya tertinggi sebesar 4040 Lux pada LED TL 6 Watt dan 3200 Lux pada LED Pijar 6 Watt.

Panjang *pitch* pegas pada pegas heliks mempengaruhi distribusi tegangan yang terjadi pada struktur jungkat–jungkit. Pembebanan pengujian dilakukan dengan asumsi beban terpusat, analisa dilakukan dengan cara menggambarkan model jungkat–jungkit pada *software* Inventor, lalu meng-*import* data ke *software* Ansys. Hasil analisa yang didapat adalah seiring berkurangnya *pitch spring* pegas yang digunakan maka tegangan semakin meningkat. Hal tersebut terjadi karena semakin kecilnya *pitch spring* maka jumlah *coil spring* (N) akan semakin bertambah. Dengan bertambahnya jumlah *coil spring* (N), maka defleksi pegas (δ) juga semakin besar (Alfrian dkk, 2014).

Menurut setiawan dan Sutarno (2011) penambahan panjang pegas dipengaruhi oleh nilai konstanta yang dimilikinya. Nilai konstanta pegas dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah jumlah lilitan pegas. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu pegas ulir tarik yang terbuat dari kawat baja dengan modulus geser $G = 80 \times 10^9 \text{ N/m}^2$, diameter kawat (d)=0,5mm dengan variasi jumlah lilitan pegas 75, 100, 125, dan 150 lilitan dan diameter pegas mulai dari 0,470 cm, 0,750 cm, 1,000 cm, dan 1,323 cm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lilitan yang digunakan dengan diameter pegas tetap dan Semakin besar diameter pegas yang digunakan dengan jumlah lilitan pegas tetap kecenderungan nilai konstanta pegas yang diperoleh semakin kecil.

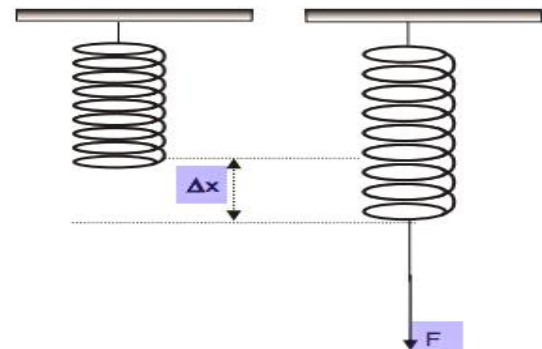
2. Dasar Teori

2.1. Energi

Energi adalah kemampuan untuk melakukan suatu tindakan atau pekerjaan (usaha). Kata “Energi” berasal dari bahasa Yunani yaitu “*ergon*” yang berarti kerja. Satuan Internasional untuk energi adalah Joule (J), satuan ini digunakan untuk menghormati James Prescott Joule dan percobaannya dalam persamaan mekanik panas. Satuan lain energi adalah Kalori (Kal). Hubungan antara Joule dengan Kalori adalah sebagai berikut (Ismet, 2013).

2.2. Hukum Newton

Hukum Hooke adalah hukum atau ketentuan mengenai gaya yang diakibatkan oleh suatu bahan pegas atau peer. Besarnya hukum hooke akan sebanding dengan pertambahan panjang pegas diukur dari posisi setimbangnya. Berikut ini adalah contoh gambar hukum Hooke (Armansyah, 2015).



Gambar 2.1. Hukum Hooke
(www.infromasi-pendidikan.com)

Hukum hooke diatas dapat didefinisikan dengan persamaa sebagai berikut:

$$F = K \cdot \Delta x \text{ atau } K = F / \Delta x$$

Dimana:

F = Besar beban yang diberikan (N).

Δx = Pertambahan panjang pegas (m).

K = Konstanta pegas (N/m).

2.3. Pegas

Pegas adalah elemen mesin elastis yang digunakan untuk memberikan gaya, torsi, dan juga untuk menyimpan atau melepaskan energi.

Energi disimpan pada benda padat dalam bentuk *twist*, *stretch*, atau kompresi. Energi di-*recover* dari sifat elastis material yang telah terdistorsi. Pegas haruslah memiliki kemampuan untuk mengalami defleksi elastis yang besar. Beban yang bekerja pada pegas dapat terbentuk gaya tarik, gaya tekan, atau torsi (*twist force*). Pegas umumnya beroperasi dengan '*high working stresses*' dan beban yang bervariasi secara terus menerus (Ismet, 2013).

Menurut jenis pembebanannya, pegas dapat diklasifikasikan menjadi pegas tarik, pegas tekan dan pegas punter. Sedangkan menurut bentuknya, dapat diklasifikasikan menjadi pegas batang punter, pegas daun, pegas lilit atau ulir, pegas spiral pegas piring dan pegas cincin. Diantara beberapa bentuk pegas ini, yang paling banyak dipakai adalah pegas daun yang banyak dipakai pada penumpuan poros dan atau gandar kendaraan bermotor, pegas lilit atau pili yang banyak dipakai sebagai peredam getaran pada kendaraan bermotor dan peredam tumbukan pada mesin-mesin, serta pegas spiral yang banyak dipakai pada alat ukur, jam dan mainan anak-anak. Pegas cincin pada dasarnya merupakan pegas pilin dengan hanya satu jumlah lilitan (Sudarisman, 2013).

Pegas daun dan pegas spiral pada umumnya terbuat dari pita baja khusus untuk pegas yang kemudian dipotong dan dibentuk menurut kebutuhan. Pegas pilin dengan diameter kawat 9,2 (mm) atau lebih kecil terbuat dari baja pegas yang ditarik dalam keadaan dingin, sedangkan untuk diameter kawat lebih besar dari 9,2 (mm) dibuat dari baja pegas yang dibentuk dalam keadaan panas (Sudarisman, 2013).

Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam perancangan pegas:

1. Beban maksimum yang akan diterima, factor ini akan menentukan ukurannya.
2. Defleksi maksimum yang diijinkan baik defleksi linier maupun defleksi suout. Hal ini berkaitan erat dengan ketersediaan ruang dalam pemakaiannya.

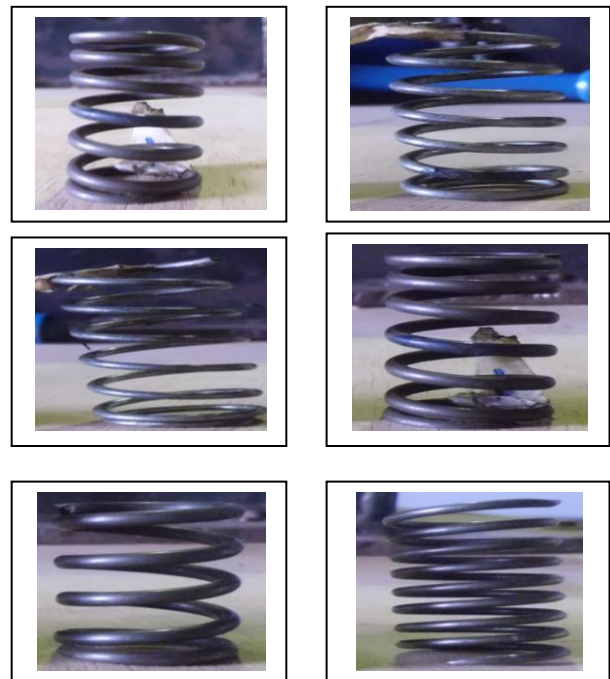
3. Energi yang harus dapat diserap yang akan menentukan besarnya konstanta pegas.
4. Distribusi kekerasan bahan yang akan menentukan perilaku pegas yang diinginkan dalam pembebanannya.
5. Ruang yang tersedia dalam pemakaiannya, hal ini berkaitan erat dengan ukuran dan defleksi maksimum yang diijinkan.
6. Beban yang akan diterima pegas, hal ini akan menentukan besar kecilnya factor keamanan bahan pegas.
7. Lingkungan kerja seperti korosifitas dan suhu menentukan sifat-sifat fisis dan kimiawi bahan yang dapat digunakan.

Pegas diklasifikasikan berdasar pada jenis pembebanannya dan juga pada bentuknya.

a. Klasifikasi Pegas Berdasarkan Jenis Pembebanannya

Menurut jenis pembebanannya pegas dibagi menjadi:

1. Pegas tarik (*tension springs*)
2. Pegas tekan (*compression spring*)
3. Pegas punter (*tersional spring*)
4. Pegas gulung (*wound spring*)



Gambar 2.2 Pegas Pengujian

2.4. Generator

Generator adalah sebuah alat yang dapat mengubah tenaga mekanik menjadi energi listrik. Tenaga mekanik bisa berasal dari panas, air, uap, dll. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator bisa berupa listrik AC (listrik bolak-balik) maupun DC (listrik searah). Hal tersebut tergantung dari konstruksi generator yang dipakai pembangkit tenaga listrik. Generator berhubungan erat dengan hukum Faraday. Berikut dari hasil hukum Faraday “ bahwa apabila sepotong penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah-ubah, maka dalam kawat tersebut akan terbentuk Gaya Gerak Listrik”. Generator arus searah menghasilkan arus listrik DC karena pada konstruksinya dilengkapi dengan komutator, biasanya berfungsi sebagai penguat generator utama di bengkel atau industry. Sedangkan generator arus bolak-balik menghasilkan arus listrik AC, hal ini disebabkan karena konstruksinya pada generator menyebabkan arah arus akan berbalik pada setiap setengah putaran (Wiratsongko, 2012).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Pengujian Kekakuan Pegas

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai kekakuan pegas sebelum diterapkan pada prototipe alat konversi. Pengujian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pegas digantungkan pada sebuah batang.



Gambar 3.1. Pengantungan Pegas uji.

2. Menyiapkan beban yang akan diberikan pada penelitian ini yaitu sebesar 4 kg.



Gambar 3.2. Beban yang digunakan untuk pengujian

3. Menggantungkan beban pada pegas dan mengukur perubahan pegas yang terjadi.



Gambar 3.3. pengukuran defleksi pegas pada saat pembebanan.

4. Mencatat hasil pengujian
5. Mengulangi langkah 3 pada jenis pegas yang sama sebanyak 3 kali.
6. Mengganti jenis pegas dan mengulangi langkah 1-6.
7. Menghitung nilai kekakuan pegas berdasarkan data yang didapatkan.

3.2 Tahap Pengambilan Data

Tahapan pengambilan data ini dilakukan secara berulang, karena pengujian dan pengambilan data menggunakan 6 buah variasi pegas. Berikut adalah langkah yang dilakukan:

1. Memasang pegas jenis 1 pada prototipe alat.



Gambar 3.4 Letak pegas pada *prototipe*

2. Memastikan pegas tidak bergeser ataupun terhalang dalam menjalankan fungsinya sebagai elemen yang berguna mengembalikan gaya masuk dari *speed bump* dengan mencoba memberikan pembebanan berulang.
3. Melakukan pembebanan pada *speed bump* dengan beban 60 N



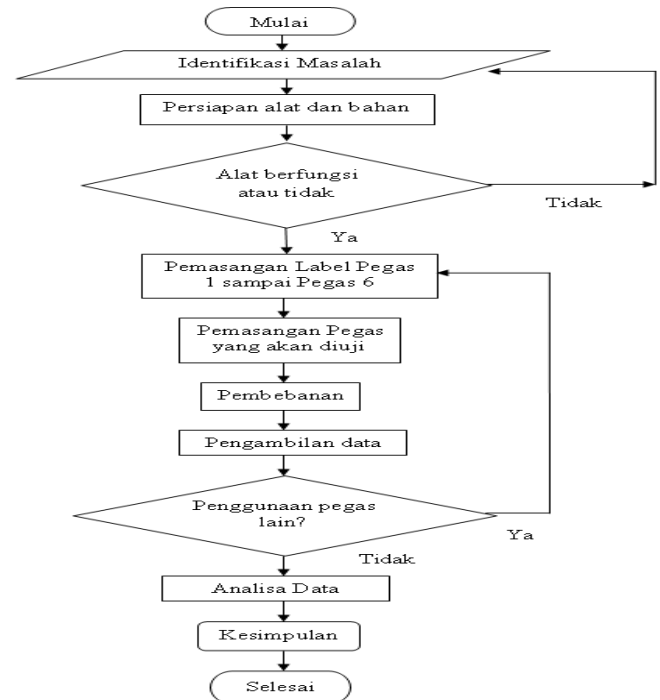
Gambar 3.5 Langkah Pembebanan pada *speed bump*

4. Mengukur defleksi pegas yang terjadi pada saat pembebanan
5. Mengukur tegangan yang keluar dari generator.



Gambar 3.6 Pengukuran tegangan keluar dari generator

6. Mencatat besar nilai tegangan yang terbaca pada alat multi tester.
7. Mengulangi langkah 1-6 dengan jenis pegas yang berbeda.
8. Diagram alir penelitian diberikan seperti Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Diagram Alir

IV. PEMBAHASAN

4.1. Analisis Data Pada Pengujian Kekakuan Pegas.

Data dari analisis pengujian kekakuan pegas 1-6 secara langsung bisa dilihat pada tabel 4.1. Analisa dilakukan untuk mendapatkan besar nilai kekakuan. Pegas yang digunakan pada percobaan.

Analisa pada Pegas 1 :

Diketahui :

Beban (m) = 4 kg.

Percepatan gravitasi (g) = $9,81 \text{ m/s}^2$

Panjang pegas (l) = 44 mm

Defleksi pengujian :

$\delta_1 = 5 \text{ mm}$

$\delta_2 = 6 \text{ mm}$

$\delta_3 = 6 \text{ mm}$

maka,

- Gaya yang bekerja pada saat pengujian :

$$F = m \cdot g$$

$$F = 4 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 39,24 \text{ N}$$

- Defleksi rata-rata

Besarnya defleksi rata-rata pada pegas dapat dihitung sebagai berikut :

$$\delta_{rata-rata} = (\delta_1 + \delta_2 + \delta_3) / 3$$

$$\delta_{rata-rata} = (5 + 6 + 6) / 3$$

$$\delta_{rata-rata} = 5,67 \text{ mm}$$

- Kekakuan pegas

$$k = F / \delta_{rata-rata}$$

$$k = 39,24 \text{ N} / 5,67 \text{ mm}$$

$$k = 6,92 \text{ N/mm}$$



Gambar 4.1 Pegas Uji Coba Nomor 5

Jumlah lilitan efektif (n) = 4
 Jumlah lilitan total (N) = 6
 Panjang pegas = 45,5 mm
 Diameter pegas (D) = 23,5 mm
 Diameter kawat (d) = 2,5 mm
 Sehingga dapat dihitung beberapa hal yang terjadi pada pegas :

Diketahui : beban (m) = 60 N; percepatan (a) = 15,27 m/s², gaya (F) = **93,33 N**.

- a. Tegangan geser akibat beban puntir

$$\tau_1 = \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} \dots \dots \dots (4.1)$$

Dengan :

T : Momen Torsi (Nm)

τ : Tegangan geser (N/m²)

F : Gaya (N)

D : diameter pegas (mm)

d : diameter kawat (mm)

Maka :

$$\tau_1 = \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3}$$

$$\tau_1 = \frac{8 \cdot 916,2 \text{ (N)} \cdot 23,5 \text{ (mm)}}{\pi \cdot (2,5 \text{ (mm)})^3}$$

$$\tau_1 = 357,33 \text{ N/mm}^2$$

- b. Tegangan geser akibat beban normal

$$\tau_2 = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \dots \dots \dots (4.2)$$

$$\tau_2 = \frac{2 \cdot 916,2 \text{ (N)}}{\pi \cdot (2,5 \text{ (mm)})^2}$$

$$\tau_2 = 93,32 \text{ N/mm}^2$$

- c. Tegangan geser yang berkerja pada pegas ulir

- Harga indeks pegas

$$C = D/d$$

$$c = 0,235/0,025 = 9,4$$

- Faktor tegangan Wahl :

$$K_w = \frac{4 \cdot c - 1}{4 \cdot c - 4} + \frac{0,615}{c}$$

Tabel 4.1 Tabel pengujian kekakuan Pegas.

No	Pegas Uji	Beban (N)	Panjang Pegas (mm)	Defleksi Pengujian (mm)			Defleksi Rata-rata (mm)	Gaya (N)	Kekakuan (N/mm)
				1	2	3			
1	Pegas 1	4	44	5	6	6	5,67	39,24	6,92
2	Pegas 2	4	48	9	11	11	9,66	39,24	4,06
3	Pegas 3	4	45	5	5	5	5,00	39,24	7,84
4	Pegas 4	4	35	4	4	4	4,00	39,24	9,81
5	Pegas 5	4	32	3	3	3	3,00	39,24	13,08
6	Pegas 6	4	35	10	11	11	10,67	39,24	3,68

4.2. Analisis Pada Pegas.

Spesifikasi pegas yang digunakan pada percobaan ini dapat dilihat secara lengkap pada tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2. Spesifikasi pegas uji.

No	Pegas	D (mm)	d (mm)	l (mm)	F (N)	K (N/mm)
1	Pegas 1	23,5	2,5	40,4	93	6,92
2	Pegas 2	20,3	1,95	40,8	93	4,06
3	Pegas 3	20,2	2,2	40,5	93	7,84
4	Pegas 4	22,2	2,4	30,5	93	9,81
5	Pegas 5	24,2	2,7	30,2	93	13,08
6	Pegas 6	18	2,0	30,5	93	3,68

Cacatan: D = diameter pegas; d:diameter kawat; l = Panjang pegas.

Analisis pegas yang dilakukan adalah dengan melakukan contoh analisis pada salah satu jenis pegas yang digunakan. Pada analisis ini digunakan pegas nomor 5 dengan spesifikasi pegas sebagai berikut:

$$Kw = \frac{4 \cdot 9,4-1}{4 \cdot 9,4-4} + \frac{0,615}{9,4} = 1,154$$

Maka,

$$\tau = \frac{8 \cdot Kw \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3}$$

$$\tau = \frac{8 \cdot 1,154 \cdot 916,2(N) \cdot 23,5 (mm)}{\pi \cdot (2,5 (mm))^3}$$

$$\tau = 17,43 \text{ N/mm}^2$$

4.3. Hasil Pengujian dan Pembahasan

Hasil pengujian pada alat konversi energi mekanik dengan variasi penggunaan jenis kekakuan pegas dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Alat

No	Pegas	D (mm)	d (mm)	L (mm)	δ (mm)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
1	Pegas 1	23,5	2,5	40,4	38,8	1,35	0,056
2	Pegas 2	20,3	1,95	40,8	39	1,5	0,062
3	Pegas 3	20,2	2,2	40,5	39	1,4	0,058
4	Pegas 4	22,2	2,4	30,5	28,8	1,2	0,05
5	Pegas 5	24,2	2,7	30,2	28,6	1,1	0,045
6	Pegas 6	18	2,0	30,5	29	1,5	0,062

4.4. Pembahasan dan Analisis Perhitungan

Perhitungan yang dilakukan pada pembahasan ini dilakukan pada salah satu jenis penggunaan variasi kekakuan pegas yang digunakan pada saat pengujian.

a. Hambatan arus listrik pada alat.

Generator pada perancangan ini menggunakan dynamo sepeda, spesifikasi tegangan sebesar 12 volt dan daya sebesar 6 watt. Sehingga dapat dihitung besarnya arus yang dihasilkan oleh generator.

$$R = \frac{12}{0,056}$$

$$R = 24,1 \text{ Ohm}$$

- Arus dan daya yang dihasilkan

Besar daya yang dihasilkan

$$P = V \cdot I$$

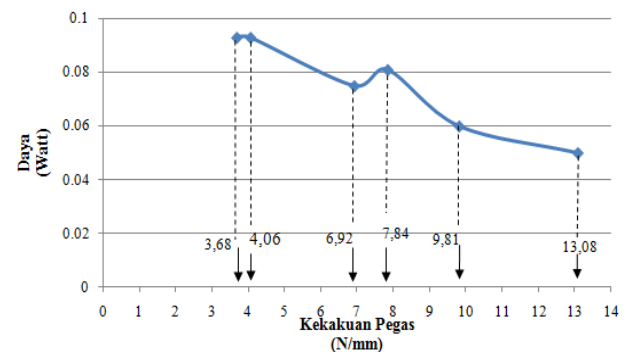
$$P = 1,35 \text{ Volt} \times 0,056 \text{ Ampere}$$

$$P = 0,0756 \text{ Watt}$$

Tabel 4.4 Hasil Pengujian dan Perhitungan

No	Pegas	D (mm)	d (mm)	L (mm)	F (N)	k (N/mm)	Δ (mm)	V (V)	I (A)	P (Watt)
1	Pegas 1	23,5	2,5	40,4	93,3	6,92	2,34	1,35	0,056	0,0756
2	Pegas 2	20,3	1,95	40,8	93,3	4,06	2,59	1,5	0,062	0,093
3	Pegas 3	20,2	2,2	40,5	93,3	7,84	2,73	1,4	0,058	0,0812
4	Pegas 4	22,2	2,4	30,5	93,3	9,81	1,39	1,2	0,05	0,06
5	Pegas 5	24,2	2,7	30,2	93,3	13,08	1,42	1,1	0,045	0,0495
6	Pegas 6	18	2,0	30,5	93,3	3,68	1,35	1,5	0,062	0,093

Penyusunan jenis pegas diatas berdasarkan pada urutan penggunaan pegas uji pada prototipe. Namun, untuk memudahkan dalam melakukan publikasi analisis hasil penelitian dilakukan penyusunan jenis pegas berdasarkan pada nilai kekakuan pegas yang terkecil. Penyusunan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.4. dibawah ini.



Gambar 4.2. Perbandingan kekakuan pegas terhadap daya yang dihasilkan.

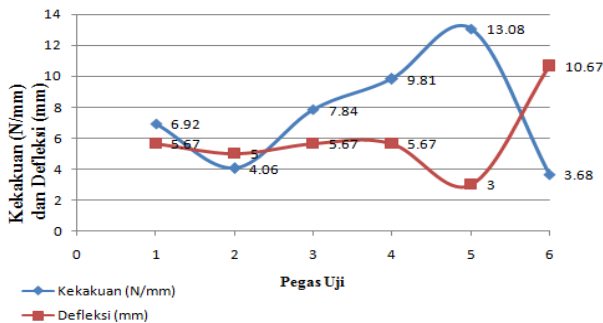
Gambar 4.2 di atas, dapat di simpulkan bahwa semakin besar nilai kekakuan pegas yang digunakan pada alat, akan menghasilkan, daya

- Besar Hambata:

$$V = I \cdot R$$

$$R = \frac{V}{I}$$

yang kecil. Nilai daya yang semakin kecil ini dikarenakan saat input gaya pada *speed bump*, gaya akan tertahan oleh pegas. Pegas dengan kekakuan besar mempunyai nilai positif terhadap *speed bump*, karena pada saat terkena gaya dan turun *speed bump* akan kembali posisi semula dengan cepat. Fenomena tersebut berlawanan dengan proses pembangkitan yang diharapkan menghasilkan daya listrik yang besar. Sesuai dengan fenomena yang tersebut, maka perlu dilakukan yang tepat, yaitu dapat mengembalikan posisi *speed bump* seperti semula secara cepat namun bisa menghasilkan listrik dengan daya yang besar.



Gambar 4.3. Perbandingan antara kekakuan pegas dan defleksi yang terjadi.

Berdasarkan grafik tersebut menunjukkan fenomena bahwa nilai kekakuan pegas yang lebih besar memiliki nilai defleksi yang lebih kecil. Grafik tersebut membuktikan bahwa persamaan untuk menghitung harga kekakuan pegas seperti pada persamaan 2.7 adalah benar terjadi. Bahwa besarnya nilai kekakuan berbanding terbalik dengan nilai defleksi yang terjadi.

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Harga kekakuan pegas yang memiliki nilai sebesar 13,08 N/mm. Dalam penelitian ini sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya

nilai daya generator yang dihasilkan yaitu 0,0495 Watt.

2. Hasil dari penggunaan pegas yang paling besar nilai kekakuannya memiliki nilai daya listrik yang kecil yaitu sebesar 0,0495 Watt, sementara nilai daya terbesar yaitu 0,093 Watt, dihasilkan dari penggunaan pegas dengan nilai kekakuan pegas yang terkecil yaitu 3,68 N/mm.

5.2. Saran

Saran yang diberikan sebagai masukan apabila dilakukan penelitian lanjutan pengaruh kekakuan pegas spiral terhadap perolehan energi listrik pada prototipe alat konversi energi berbasis *speed bump* skala laboratorium:

1. Mencari nilai kekakuan pegas yang paling optimum untuk digunakan pada alat konversi energi ini, yaitu pegas yang mampu mengembalikan posisi *speed bump* secara cepat namun menghasilkan daya listrik yang besar.
2. Pegas yang digunakan lebih baik mempunyai nilai panjang sama besar dan telah diketahui besar nilai kekakuannya. Untuk validasi perhitungan gaya, digunakan alat ukur gaya (force meter).

DAFTAR PUSTAKA

- Asy'ari, H., Aris B., Agus M., 2013. "*Speed Bump Sebagai Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan Dan Terbarukan*". Jurnal Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2013 (Semantik 2013). Semarang.
- Allen S. hall, Alfred R. Hollowenko, Herman G. Laughlin (1961). "*Theory And Problem Of Machine Design*". New York.
- Dewanto, J. 2013. "*Simulasi Rancangan Sistem Mekanik Pemanfaatan Bobot Kendaraan Sebagai Sumber Energi Pembuka Palang Pintu (Portal)*". Jurnal Seminar Nasional Teknik Mesin 8. Surabaya.

- Handoko, A. 2014. "Inilah Data Pertambahan Jumlah Kendaraan di DIY dari Tahun ke Tahun". <http://jogja.tribunnews.com/2014/08/23/inilah-data-pertambahan-jumlah-kendaraan-di-diy-dari-tahun-ke-tahun>. Diakses 20 Mei 2015. 02.06 WIB.
- Handoko, A S. 2014. "Proyek Underpass DIY, Inilah Data Pertambahan Jumlah Kendaraan di DIY dari Tahun ke Tahun". Tribun Jogja. Yogyakarta.
- Iwan Setiawan dan Doddy Sutarno 2011. "Pembuktian Eksperimental Pengaruh Jumlah Lilitan Pegas dan Diameter terhadap Konstanta Pegas". rosidng Simposium Nasional Inovasi Pembelajaran dan Sains 2011 (SNIPS 2011).22-23 Juni 2011, Bandung, Indonesia.
- Ismet, Kang. 2013. "Hukum Newton". <http://softilmu.blogspot.com/2015/02/Pengertian-Rumus-Bunyi-HukumNewton-1-2-3-adalah.html>. Diakses 12 Juni 2015,01.57 WIB.
- Ismet, K. 2013. "Pengertian, Satuan dan Macam-macam Bentuk Energi". <http://softilmu.blogspot.com/2015/01/Pengertian-Bentuk-Macam-Satuan-Energi-Adalah.html>. Diakses 12 Juni 2015, 01.55 WIB.
- Ismail, 2016. "Analisa Tegangan-Regangan Struktur Pegas Daun Akibat Modifikasi Penekanan" Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
- Ismail T JRM Vol 9 N 1 2009 - 28-499-1-PB.pdf:Iffa F A., Sandya Y P., Setyobudhi B., 2011." *Laporan projek fisika dinamo sepeda kayuh*". Fakultas teknik, Uniersitas Negeri Malang. Malang.
- Kurniawan. 2010. "Elemen Mesin Pegas" <http://www.scribd.com/doc/47730251/ELEMEN-MESIN-PEGAS>.
- Mochamat. 2012. "Klasiffikasi Pegas" . <https://blog.ub.ac.id/mochamat/2012/11/14/klasifikasi-pegas-2/.html>. diakses 8 Agustus 2015,03.36 WIB.
- Munadi, A. 2013. "Naskah Publikasi, Pembangkit Listrik Tenaga Speed Bump Sebagai Sumber Energi Alternatif". Uniersitas Muhammadiyah Surakarta.
- Mochamat. 2012. "Klasiffikasi Pegas" <https://blog.ub.ac.id/mochamat/2012/11/14/klasifikasi-pegas-2/.html>. diakses 8 Agustus 2015,03.36 WIB.
- Pangestu, D A. 2014. "Dinamo lampu sepeda (hal103)".<http://damaruta.blogspot.com/2015/03/dinamo-lampu-sepeda-hal-103.html>. Diakses 20 Mei 2015. 02.11 WIB.
- Priandana, C W., Agus I G., Didik S P., dan Harus L G ., "Rancang Bangun Electrical System Pada Speed Bump pembangkit Daya". Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. ITS Sukolio, Surabaya.
- Trendy Alfrian, Moch. Agus Choiron, Anindito Purnowidodo 2014. "Pengaruh Variasi Pitch Spring Terhadap Distribusi Tegangan Pada Stuktur Jungkat-Jungkit". Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, IndonesiaEmail:trendyalfrian@gmail.com.