

Analisis Pengaruh Frekuensi Osilasi Pegas Terhadap Tegangan Listrik yang Dihasilkan Alat Peredam Kejut Regeneratif Elektromagnetik Skala Laboratorium

Sidik Susilo¹, Yusvardi Yusuf¹, Syarif Abdullah¹, Muhammad Reza Ghifari¹ dan Baskoro Adi Hermawan¹
¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jenderal Sudirman KM 03 Cilegon 42435
e-mail: sidik@untirta.ac.id

Abstrak— EMRSA merupakan suatu alat yang dapat menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan energi getaran yang terbuang pada suatu kendaraan. Energi getaran termasuk energi yang terbuang pada kendaraan dan masih sangat jarang untuk dimanfaatkan. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan percobaan mengubah energi getaran menjadi energi listrik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh frekuensi osilasi pegas terhadap tegangan listrik yang dihasilkan oleh alat peredam kejut regeneratif skala laboratorium. Penelitian dilakukan dengan memberikan variasi pembebanan pada pegas, sehingga didapat frekuensi yang berbeda pada setiap percobaan. Hasil dari percobaan memperlihatkan bahwa frekuensi osilasi pegas berbanding lurus terhadap hasil tegangan listrik yang dihasilkan. Semakin tinggi frekuensi yang diberikan semakin besar pula hasil tegangan listrik yang dihasilkan. Dari percobaan yang telah dilakukan didapatkan hasil tegangan listrik sebesar 0.537 volt yang didapat pada frekuensi 3.37 Hz dengan jumlah lilitan tembaga 500 lilitan dan diameter tembaga 0.1 mm.

Kata kunci: *Frekuensi, tegangan, regeneratif*

Abstract— EMRSA is a tool that can generate electrical energy by utilizing vibration energy that is wasted in a vehicle. Vibration energy includes energy that is wasted on vehicles and is still very rarely used. Therefore, in this study, an experiment was carried out to convert vibration energy into electrical energy. The purpose of this study was to determine the effect of the frequency of spring oscillations on the electric voltage produced by a laboratory-scale regenerative shock absorber. The research was carried out by providing variations in the load on the spring so that a different frequency was obtained in each experiment. The results of the experiment show that the frequency of the spring oscillation is directly proportional to the result of the electric voltage generated. The higher the frequency given, the greater the resultant voltage generated. From the experiments that have been carried out, the results of the electrical voltage of 0.537 volts are obtained at a frequency of 3.37 Hz with a number of copper coils of 500 turns and a copper diameter of 0.1 mm.

Keywords: *Frequency, voltage, regenerative*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi listrik di berbagai bidang kehidupan sangatlah penting di zaman yang modern seperti sekarang ini. Selain itu, pemanfaatan medan magnet sebagai penghasil energi listrik alternatif masih jarang terealisasi. Fluks magnetik yang terbentuk akibat adanya medan magnetik dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan pada alat-alat elektronik.

Penelitian di berbagai aspek kehidupan akan kebutuhan sumber energi di masa depan sudah banyak dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk mencari sumber energi alternatif yang dapat dihasilkan dalam memenuhi kebutuhan

energi di masa yang akan datang. Menurut *the official U.S. government source for fuel economy information*, sekitar 14%-30% energi yang digunakan untuk menggerakkan kendaraan dan sisanya terbuang begitu saja. Selebihnya, 30-37% energi hilang dalam bentuk *heat loss* oleh gas buangan dan konveksi, 25-33% energi hilang dalam bentuk disipasi panas dalam proses pendinginan dan 33-40% energi hilang dalam bentuk *mechanical losses* [1]-[4]. Rendahnya efisiensi dari pemanfaatan energi hasil pembakaran pada kendaraan mendorong dilakukannya penelitian yang berfokus pada *energy harvesting* [5]. Untuk memanfaatkan kembali energi getaran yang hilang pada sistem suspensi kendaraan,

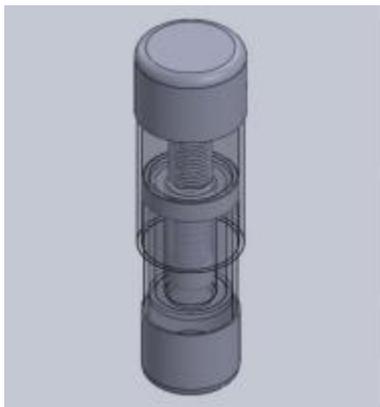
berbagai penelitian telah dilakukan dalam mengembangkan peredam kejut menjadi *Electromagnetic Regenerative Shock Absorber* (EMRSA) [6],[7].

Salah satu hasil penelitian, telah mengembangkan peredam kejut menjadi EMRSA. Energi yang terbuang pada peredam kejut dapat dimanfaatkan dengan mengubahnya menjadi energi listrik. Dalam penelitiannya, EMRSA diuji pada truk dan dapat menghasilkan sekitar 1 kW pada permukaan jalan yang datar. Dalam studi HSU, kemampuan menghasilkan energi saat berkendara di jalan bebas hambatan dengan kecepatan 16 m/s untuk setiap roda sebesar 100 W yang sama dengan 5% dari total tegangan pada kendaraan [8].

Penelitian ini menyajikan pemodelan dan analisis rancangan sistem *Electromagnetic Regenerative Shock Absorber* (EMRSA) yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar energi listrik yang dapat dimanfaatkan dari suspensi kendaraan bermotor yang selama ini jarang dimanfaatkan.

II. METODOLOGI

Mekanisme EMRS yaitu mengubah energi listrik berdasarkan hukum Faraday. Komponen utamanya menggunakan *transduser* induksi magnetik untuk membuat fluks magnet pada sebuah kumparan yang bergerak dalam medan magnet yang menyebabkan variasi fluks magnet melalui rangkaian listrik dan dengan demikian menghasilkan aliran arus. Mekanisme ini dapat diwujudkan dengan magnet bergerak dengan kumparan tetap atau magnet tetap dengan kumparan bergerak untuk membuat variasi fluks magnet. Seperti diilustrasikan pada Gambar 1, mekanisme ini digunakan untuk mengubah gerak (osilasi naik turun *shock absorber*) menjadi energi listrik [9],[10].



Gambar 1. Rancangan alat EMRSA

Alat EMRSA dirancang dengan menggantungkan magnet pada pegas di dalam sebuah tabung, dimana tabung tersebut diletakkan pada suspensi kendaraan. Magnet yang digantung pada pegas ikut berosilasi ketika alat EMRSA mendapatkan getaran dari suspensi. Magnet yang bergerak melewati kumparan akan menghasilkan energi listrik. Hal ini dikarenakan terjadinya perbedaan medan magnet yang melintasi kumparan.

Gerak harmonik sederhana termasuk kedalam gerak periodik yang dimana ada gerak bolak-balik atau ada siklus, sehingga pergerakan akan kembali keposisi awal. Dalam gerak harmonik sederhana penting sekali untuk menganalisis

gaya apa yang berfungsi untuk gaya pemulih. Adapun persamaan hubungan dalam gerak harmonik sederhana dengan kecepatan relatif dapat dirumuskan sebagai berikut [11]:

$$\begin{aligned}
 Y &= A_{mp} \sin(\omega t), \text{ dideferensial ke kecepatan menjadi:} \\
 v &= \frac{dy}{dt} (\sin(A) \sin(\omega t)) \\
 &= A\omega \cdot \cos(\omega t) \\
 &= 2\pi f A \cdot \cos(2\pi f t) \tag{6}
 \end{aligned}$$

dengan:

- Y = Posisi atau simpangan
- A_{mp} = Simpangan maksimum (amplitudo)
- v = Kecepatan relatif gerak harmonik
- f = Frekuensi
- t = Waktu.

III. HASIL

A. Perhitungan Konstanta Pegas

Pada penelitian ini digunakan dua buah pegas yang memiliki konstanta berbeda. Untuk mengetahui konstanta pegas yang digunakan, dilakukan pengukuran dan perhitungan. Berikut merupakan data awal yang diketahui:

Percepatan Gravitasi (g)	: 9.807 m/s ²
Massa 1 (m1)	: 50 gr
Massa 2 (m2)	: 70 gr.

Tabel 1 berikut merupakan hasil pengukuran pertambahan panjang pegas berdasarkan pembebanannya.

Tabel 1. Hasil pengukuran pertambahan panjang pegas

m (gr)	l1 (mm)	l2 (mm)
0	67	57
50	87	71
70	95	77

1) Mencari Gaya yang Bekerja Pada Pegas

Gaya yang bekerja pada pegas dapat dicari dengan mengalikan nilai percepatan gravitasi dengan beban yang diberikan oleh pegas.

$$\begin{aligned}
 F1 &= 0.05 \text{ kg } (9.807 \text{ m/s}^2) = 0.49035 \text{ N} \\
 F2 &= 0.07 \text{ kg } (9.807 \text{ m/s}^2) = 0.68649 \text{ N.}
 \end{aligned}$$

2) Mencari Konstanta Pegas

Setelah gaya yang bekerja pada pegas didapat, konstanta pegas dapat dicari dengan membagi gaya yang bekerja pada pegas dengan pertambahan panjang yang terjadi pada pegas.

$$\begin{aligned}
 \Delta l_{1.1} &= (87-67) \text{ mm} = 20 \text{ mm} = 0.020 \text{ m} \\
 \Delta l_{1.2} &= (95-67) \text{ mm} = 28 \text{ mm} = 0.028 \text{ m} \\
 \Delta l_{2.1} &= (71-57) \text{ mm} = 14 \text{ mm} = 0.014 \text{ m} \\
 \Delta l_{2.2} &= (77-57) \text{ mm} = 20 \text{ mm} = 0.020 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabel 2. Perhitungan konstanta pegas

F (N)	k ₁ (N/m)	k ₂ (N/m)
0.49	24.50	35.00
0.69	24.64	34.50

B. Perhitungan Tegangan Listrik yang Dihasilkan Alat EMRSA

Setelah mendapatkan nilai konstanta pegas, dilakukan perhitungan potensi tegangan listrik yang dapat dihasilkan oleh alat EMRSA sesuai dengan frekuensi osilasi pegas. Berikut merupakan perhitungan tegangan listrik yang dihasilkan dari alat EMRSA.

Data yang diketahui:

- Jumlah lilitan kawat tembaga (N) : 500 Lilitan
- Tebal kawat tembaga (d) : 0.1 mm
- Besar medan magnet (B) : 1.48 T
- Waktu (t) : 10 sekon
- Panjang kumparan (Lp) : 50 mm.

1) Mencari Kecepatan Sudut

Kecepatan sudut dapat diperoleh dengan memasukkan nilai f.

- $\omega_1 = 2\pi (2.54 \text{ Hz}) = 15.959 \text{ rad/s}$
- $\omega_2 = 2\pi (2.86 \text{ Hz}) = 17.970 \text{ rad/s}$
- $\omega_3 = 2\pi (3.14 \text{ Hz}) = 19.729 \text{ rad/s}$
- $\omega_4 = 2\pi (3.37 \text{ Hz}) = 21.174 \text{ rad/s}$.

2) Mencari Kecepatan Linear

Setelah kecepatan sudut didapat, kecepatan sudut diubah menjadi kecepatan linear.

- $z_1 = \pi (2.54 \text{ Hz}) \cos(15.959 \text{ rad/s } 10\text{s}) = -4.6523 \text{ m/s}$
- $z_2 = \pi (2.86 \text{ Hz}) \cos(17.970 \text{ rad/s } 10\text{s}) = -6.0059 \text{ m/s}$
- $z_3 = \pi (3.14 \text{ Hz}) \cos(19.729 \text{ rad/s } 10\text{s}) = -7.3573 \text{ m/s}$
- $z_4 = \pi (3.37 \text{ Hz}) \cos(21.174 \text{ rad/s } 10\text{s}) = -8.6206 \text{ m/s}$.

3) Mencari Tegangan Listrik

Tegangan listrik didapat dengan memasukkan nilai kuat medan magnet, panjang kumparan dan kecepatan linear magnet terhadap kumparan.

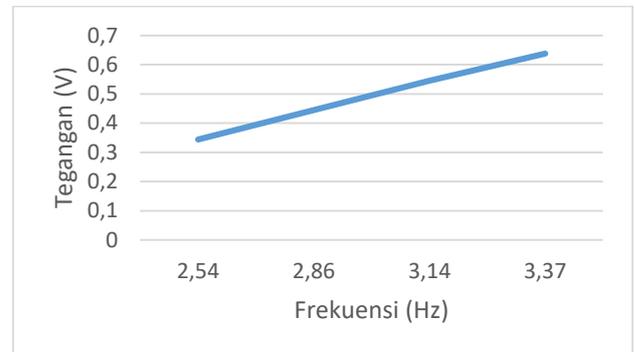
- $V_{em1} = -1.48 \text{ T} \cdot 0.05 \text{ m} \cdot (-4.6523 \text{ m/s}) = 0.3443 \text{ V}$
- $V_{em2} = -1.48 \text{ T} \cdot 0.05 \text{ m} \cdot (-6.0059 \text{ m/s}) = 0.4444 \text{ V}$
- $V_{em3} = -1.48 \text{ T} \cdot 0.05 \text{ m} \cdot (-7.3573 \text{ m/s}) = 0.5444 \text{ V}$
- $V_{em4} = -1.48 \text{ T} \cdot 0.05 \text{ m} \cdot (-8.6206 \text{ m/s}) = 0.6379 \text{ V}$.

C. Hasil Perhitungan Tegangan Listrik

Berikut merupakan hasil perhitungan tegangan listrik yang dihasilkan dari alat peredam kejut regeneratif.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Tegangan Listrik

f (Hz)	ω (rad/s)	z (m/s)	Perhitungan (Volt)
2.54	15.96	-4.65	0.3443
2.86	17.97	-6.01	0.4444
3.14	19.73	-7.36	0.5444
3.37	21.17	-8.62	0.6379



Gambar 2. Grafik hasil perhitungan tegangan listrik

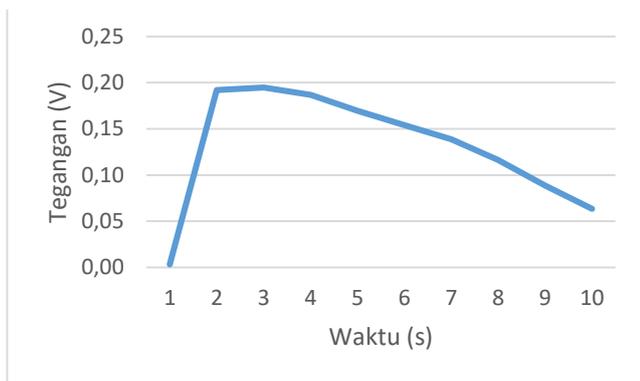
D. Hasil Percobaan Alat EMRSA

Berikut merupakan hasil percobaan tegangan listrik yang dihasilkan dari alat peredam kejut regeneratif. Data diambil pada hari Selasa pada tanggal 23 Juni 2020. Data tegangan listrik dapat dilihat pada rekaman pengambilan data dari multimeter.

Tabel 4 merupakan hasil percobaan tegangan listrik pada frekuensi 2.54 Hz yang didapatkan dari pembebanan 110 gram dengan penarikan pegas sebesar 20 mm selama 10 detik. Sedangkan grafik nilai rata-rata dari hasil percobaan tegangan listrik pada frekuensi 2.54 Hz disajikan pada Gambar 3.

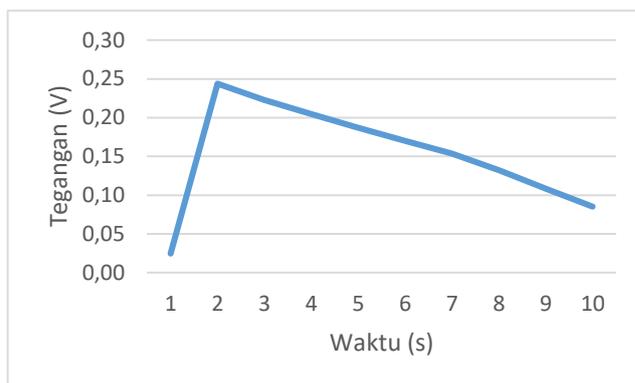
Tabel 4. Hasil percobaan pada frekuensi 2.54 Hz

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG	MAX
f(Hz)	25	25	25	25	25	26	27	27	24	26	25.4	27
1	0.000	0.000	0.018	0.011	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.0033	0.0180
2	0.111	0.252	0.200	0.221	0.179	0.203	0.192	0.222	0.149	0.207	0.1921	0.2520
3	0.210	0.212	0.194	0.214	0.195	0.186	0.187	0.196	0.159	0.243	0.1948	0.2430
4	0.201	0.196	0.184	0.205	0.185	0.179	0.188	0.186	0.158	0.237	0.1869	0.2370
5	0.179	0.176	0.166	0.183	0.167	0.164	0.175	0.168	0.147	0.221	0.1694	0.2210
6	0.164	0.161	0.152	0.166	0.149	0.151	0.159	0.145	0.138	0.193	0.1539	0.1930
7	0.151	0.148	0.130	0.150	0.133	0.139	0.145	0.130	0.122	0.178	0.1387	0.1780
8	0.137	0.139	0.082	0.133	0.116	0.126	0.132	0.093	0.088	0.162	0.1162	0.1620
9	0.121	0.097	0.073	0.093	0.076	0.083	0.116	0.081	0.057	0.149	0.0886	0.1490
10	0.077	0.092	0.055	0.074	0.059	0.069	0.074	0.051	0.018	0.135	0.0632	0.1350
AVG	0.1351	0.1473	0.1254	0.1450	0.1259	0.1301	0.1368	0.1272	0.1036	0.1727	0.1307	0.1727
MAX	0.2100	0.2520	0.2000	0.2210	0.1950	0.2030	0.1920	0.2220	0.1590	0.2430	0.2060	0.2520



Gambar 3. Grafik hasil percobaan pada frekuensi 2.54 Hz

detik. Sedangkan Gambar 4 merupakan grafik nilai rata-rata dari hasil percobaan tegangan listrik pada frekuensi 2.86 Hz.



Gambar 4. Grafik hasil percobaan pada frekuensi 2.86 Hz

Tabel 5 merupakan hasil percobaan tegangan listrik pada frekuensi 2.86 Hz yang didapatkan dari pembebanan 110 gram dengan penarikan pegas sebesar 25 mm selama 10

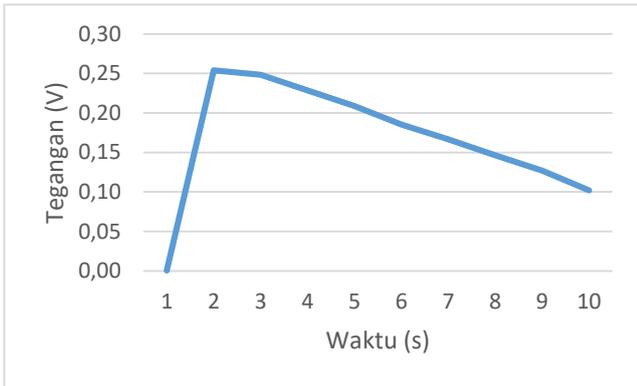
Tabel 5. Hasil percobaan pada frekuensi 2.86 Hz

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG	MAX
f(Hz)	28	28	29	30	30	27	29	28	28	28	28.6	30
1	0.000	0.000	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.020	0.001	0.0249	0.2000
2	0.217	0.274	0.203	0.249	0.254	0.228	0.270	0.296	0.204	0.236	0.2439	0.2960
3	0.221	0.232	0.199	0.221	0.259	0.209	0.226	0.245	0.192	0.223	0.2227	0.2590
4	0.213	0.222	0.184	0.209	0.241	0.198	0.209	0.189	0.178	0.208	0.2048	0.2410
5	0.196	0.205	0.167	0.189	0.221	0.178	0.186	0.178	0.162	0.186	0.1869	0.2210
6	0.178	0.186	0.155	0.171	0.200	0.157	0.169	0.169	0.148	0.169	0.1703	0.2000
7	0.164	0.171	0.138	0.148	0.181	0.141	0.155	0.150	0.135	0.154	0.1537	0.1810
8	0.160	0.156	0.121	0.133	0.158	0.092	0.141	0.135	0.093	0.137	0.1321	0.1580
9	0.160	0.142	0.079	0.084	0.141	0.066	0.126	0.099	0.078	0.124	0.1083	0.1420
10	0.160	0.124	0.058	0.068	0.125	0.036	0.082	0.066	0.050	0.075	0.0854	0.1250
AVG	0.1669	0.1712	0.1504	0.1472	0.1780	0.1305	0.1564	0.1531	0.1260	0.1513	0.1533	0.1780
MAX	0.2210	0.2740	0.2030	0.2490	0.2590	0.2280	0.2700	0.2960	0.2040	0.2360	0.2449	0.2960

Tabel 6. Hasil percobaan pada frekuensi 3.14 Hz

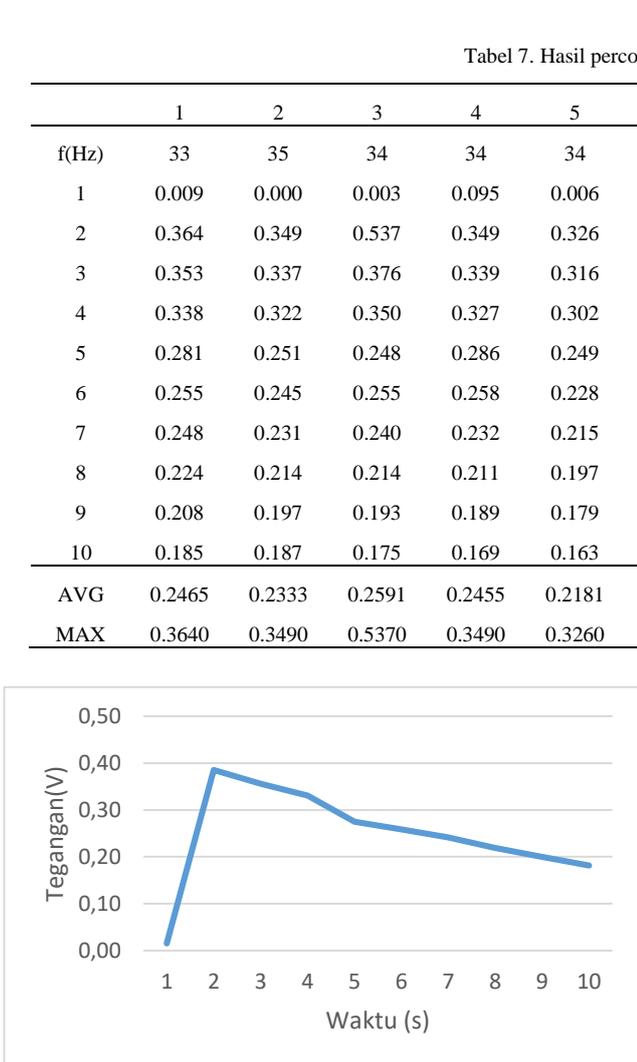
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG	MAX
f(Hz)	32	31	31	32	32	31	30	31	33	32	31.4	33
1	0.000	0.001	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.0006	0.0050
2	0.266	0.271	0.207	0.344	0.269	0.277	0.171	0.218	0.263	0.251	0.2540	0.3440
3	0.273	0.257	0.210	0.321	0.262	0.259	0.176	0.219	0.259	0.253	0.2484	0.3210
4	0.252	0.233	0.183	0.261	0.249	0.246	0.171	0.216	0.245	0.242	0.2284	0.2610
5	0.225	0.207	0.203	0.246	0.220	0.216	0.156	0.195	0.211	0.222	0.2088	0.2460
6	0.200	0.184	0.166	0.229	0.197	0.194	0.138	0.174	0.186	0.199	0.1853	0.2290
7	0.178	0.165	0.150	0.205	0.179	0.177	0.125	0.157	0.165	0.180	0.1668	0.2050
8	0.160	0.150	0.132	0.181	0.164	0.162	0.081	0.140	0.148	0.159	0.1464	0.1810
9	0.146	0.137	0.084	0.165	0.151	0.149	0.062	0.122	0.126	0.144	0.1269	0.1650
10	0.132	0.092	0.069	0.150	0.136	0.132	0.042	0.079	0.085	0.128	0.1019	0.1500
AVG	0.1832	0.1697	0.1404	0.2106	0.1827	0.1812	0.1122	0.1520	0.1688	0.1783	0.1668	0.2106
MAX	0.2730	0.2710	0.2100	0.3440	0.2690	0.2770	0.1760	0.2190	0.2630	0.2530	0.2558	0.3440

Tabel 6 merupakan hasil percobaan tegangan listrik pada frekuensi 3.14 Hz yang didapatkan dari pembebanan 110 gram dengan penarikan pegas sebesar 30 mm selama 10 detik. Sedangkan Gambar 5 merupakan grafik nilai rata-rata dari hasil percobaan tegangan listrik pada frekuensi 3.14 Hz.



Gambar 5. Grafik Hasil Percobaan Pada Frekuensi 3.14 Hz

Tabel 7 merupakan hasil percobaan tegangan listrik pada frekuensi 3.37 Hz yang didapatkan dari pembebanan 110 gram dengan penarikan pegas sebesar 40 mm selama 10 detik. Sedangkan Gambar 6 merupakan grafik nilai rata-rata dari hasil percobaan tegangan listrik pada frekuensi 3.37 Hz.

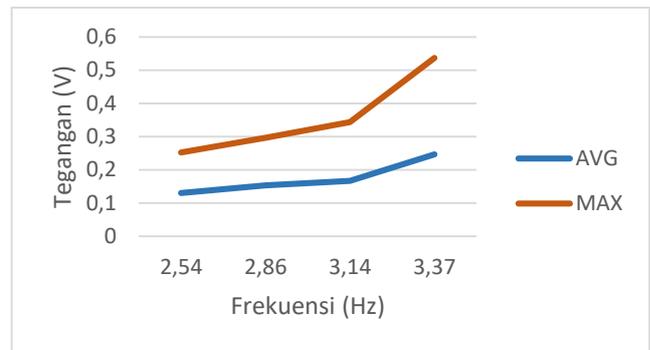


Gambar 6. Grafik Hasil Percobaan Pada Frekuensi 3.37 Hz

Tabel 8 merupakan hasil percobaan tegangan listrik pada frekuensi 2.54 – 3.37 Hz. Sedangkan Gambar 7 merupakan grafik nilai rata-rata dan nilai maksimal dari hasil percobaan tegangan listrik pada frekuensi 2.54 – 3.37 Hz.

Tabel 8. Hasil percobaan tegangan listrik

f (Hz)	Percobaan AVG (Volt)	Percobaan MAX
2.54	0.1307	0.252
2.86	0.1533	0.296
3.14	0.1668	0.344
3.37	0.2462	0.537



Gambar 7. Grafik nilai rata-rata dan nilai maksimal dari hasil percobaan

Tabel 7. Hasil percobaan pada frekuensi 3.37 Hz

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG	MAX
f(Hz)	33	35	34	34	34	33	34	33	33	34	33.7	35
1	0.009	0.000	0.003	0.095	0.006	0.009	0.000	0.000	0.017	0.000	0.0154	0.0950
2	0.364	0.349	0.537	0.349	0.326	0.363	0.359	0.369	0.450	0.364	0.3851	0.5370
3	0.353	0.337	0.376	0.339	0.316	0.354	0.356	0.350	0.421	0.366	0.3558	0.4210
4	0.338	0.322	0.350	0.327	0.302	0.340	0.341	0.330	0.328	0.351	0.3309	0.3510
5	0.281	0.251	0.248	0.286	0.249	0.289	0.280	0.275	0.317	0.277	0.2751	0.3170
6	0.255	0.245	0.255	0.258	0.228	0.260	0.272	0.253	0.301	0.265	0.2586	0.3010
7	0.248	0.231	0.240	0.232	0.215	0.248	0.254	0.238	0.270	0.244	0.2418	0.2700
8	0.224	0.214	0.214	0.211	0.197	0.214	0.245	0.215	0.234	0.220	0.2187	0.2450
9	0.208	0.197	0.193	0.189	0.179	0.193	0.229	0.196	0.212	0.197	0.1996	0.2290
10	0.185	0.187	0.175	0.169	0.163	0.173	0.209	0.180	0.191	0.176	0.1813	0.2090
AVG	0.2465	0.2333	0.2591	0.2455	0.2181	0.2443	0.2545	0.2406	0.2741	0.2460	0.2462	0.2741
MAX	0.3640	0.3490	0.5370	0.3490	0.3260	0.3630	0.3590	0.3690	0.4500	0.3660	0.3851	0.5370

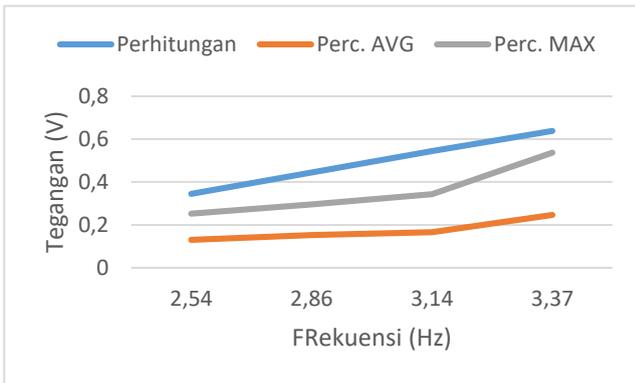
E. Analisis Pengaruh Frekuensi Osilasi Pegas Terhadap Tegangan Listrik yang Dihasilkan Alat EMRSA

Tabel 9 merupakan perbandingan hasil tegangan listrik dari perhitungan dan hasil percobaan tegangan listrik.

Tabel 9. Perbandingan hasil tegangan listrik dari perhitungan dan percobaan

f(Hz)	Perhitungan	Percobaan AVG	Percobaan MAX
2.54	0.3443	0.1307	0.252
2.86	0.4444	0.1533	0.296
3.14	0.5444	0.1668	0.344
3.37	0.6379	0.2462	0.537

Perbandingan hasil tegangan listrik dari perhitungan dan hasil percobaan tegangan listrik disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik perbandingan hasil tegangan listrik dari perhitungan dan hasil percobaan tegangan listrik.

Jika dilihat dari grafik di atas, antara hasil percobaan dengan hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai frekuensi osilasi pegas sebanding dengan nilai tegangan listrik yang dihasilkan. Semakin besar nilai frekuensi semakin besar pula tegangan listrik yang dihasilkan.

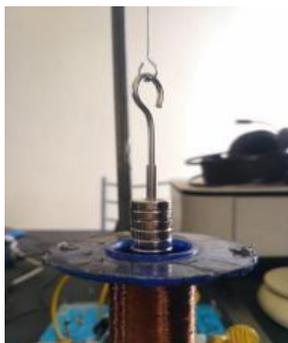
Perbedaan nilai pada hasil percobaan dengan hasil perhitungan disebabkan beberapa faktor, yaitu:

1. Getaran pada statif dan getaran di luar sistem getaran yang terjadi pada statif dan di luar sistem dapat mempengaruhi osilasi yang dihasilkan oleh pegas, sehingga nilai frekuensi dan tegangan listrik pada setiap percobaan dapat berbeda-beda.



Gambar 9. Getaran pada statif

2. Ketidaksejajaran antara magnet dengan kelosan ketidaksejajaran pergerakan magnet terhadap kumparan dapat menimbulkan terjadinya gesekan, sehingga terdapat gaya osilasi pegas yang tertahan, mengakibatkan tegangan listrik yang dihasilkan juga tidak maksimal.



Gambar 10. Pergerakan magnet terhadap kumparan tidak sepenuhnya sejajar



Gambar 11. Ketidaksejajaran pergerakan magnet terhadap kumparan menimbulkan gesekan

3. Perubahan sifat elastisitas pegas. Penggunaan pegas yang terus-menerus dan berkelanjutan dapat menyebabkan berkurangnya bahkan hilangnya sifat elastisitas pada pegas. Sehingga jumlah osilasi yang dihasilkan pegas pada setiap percobaan tidaklah sama. Hal ini ditandai pertambahan panjang pegas beberapa milimeter setelah diberi beban.



Gambar 12. Pegas yang mulai kehilangan sifat elastisitasnya

4. Kurang ketepatan dan *human error*. Dikarenakan percobaan yang dilakukan secara manual, dimana melepas tarikan pegas, menekan tombol *stopwatch* dan menekan tombol multimeter dilakukan secara bersamaan. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya perbedaan waktu sepersekian detik, tentunya akan berpengaruh terhadap data yang dihasilkan. Selain itu keterbatasan kecepatan penglihatan manusia juga mengakibatkan kurang ketepatan dalam menghitung jumlah osilasi pegas dalam waktu 10 detik. Hal-hal di atas juga menyebabkan kenaikan nilai tegangan hasil percobaan pada grafik tidak sama.

IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan percobaan dan perhitungan, maka dari penelitian ini dapat disimpulkan, bahwa:

1. Energi getaran pada kendaraan bermotor dapat dimanfaatkan dengan menggunakan alat EMRSA yang didapat karena adanya perubahan fluks magnet yang melewati kumparan. Alat EMRSA dapat dimanfaatkan pada kendaraan dengan catatan magnet yang digunakan harus mempunyai kuat medan magnet yang besar. Alat ini tidak dapat sepenuhnya menggantikan sistem pengisian kelistrikan yang bersumber dari spul, dikarenakan energi listrik yang dihasilkan EMRSA tidaklah begitu besar, yaitu hanya 0.537 volt, dimana

pengisian aki yang pada kendaraan sepeda motor sebesar 12 volt. EMRSA hanya dapat meringankan ataupun membantu pengisian spul ke aki, atau menambah pengisian energi listrik ke aki yang pada umumnya dilakukan pada kendaraan yang sudah melakukan perubahan atau modifikasi pada kelistrikan. Serta EMRSA dapat memaksimalkan fungsi dari peredam kejut pada kendaraan.

2. Dari percobaan yang telah dilakukan didapat hasil tegangan listrik terbesar sebesar 0.537 volt yang didapat pada frekuensi 3.37 Hz dengan jumlah lilitan tembaga 500 lilitan dan diameter tembaga 0.1 mm.
3. Dengan melakukan variasi frekuensi osilasi pegas pada alat EMRSA, frekuensi berpengaruh terhadap hasil tegangan listrik yang dihasilkan. Semakin tinggi frekuensi yang diberikan semakin besar pula hasil tegangan listrik yang didapat.

REFERENSI

- [1] A.V., Kireev dkk. 2017. "Regenerative Shock Absorber in The Vehicle Suspension System". dalam Research India Publications: International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 22. Novocheerkassk: Scientific and Technical Center "PRIVOD-N".
- [2] Afzal, K.M. dan Tadamalla A.P. 2016. "Design and Development of a Regenerative Shock Absorber". Novateur Publication: International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology [IJIERT] ISSN: 2394-3696 Volume 3, Issue2. Pune: Department of Mechanical Engineering, Savitribai Phule Pune University.
- [3] Beeby, S.P. dkk. 2007. "Micro Electromagnetic Generator for Vibration Energy Harvesting" dalam IOP Publishing: Journal of Micromechanics and Microengineering. Highfield: School of Electronics and Computer Science, University of Southampton.
- [4] Budiarto, Tidy dan Harus Laksana Guntur. 2012. "Pemodelan dan Analisa Regenerative Shock Absorber (RSA) pada Sistem suspensi Kendaraan Militer Roda Ban". Jurnal Teknik POMITS Vol. 1, No. 1, (2012) 1-5. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- [5] Hidayat, Royan dan Galuh Renggan Wilis. 2017. "Analisis Getaran Pada Kompresor Mesin Pendingin dengan Variasi Putaran (RPM)". Tegal: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasakti Tegal.
- [6] Kurniawan, Rian dan Harus L.G. 2012. "Rancang Bangun Model Regenerative Shock Absorber (RSA) untuk Kendaraan Roda Empat". Jurnal Teknik POMITS Vol. 1, No. 1, (2012) 1-5. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- [7] L. Cannizaro dkk. 2016. "Design of an Electromagnetic Regenerative damper and Energy Harvesting Assessment". Journal of Electromagnetics. Palermo: Department of Chemical, Management, Computer Science and Mechanical Engineering, University of Palermo.
- [8] Wagh, Sunny dkk. 2017. "Power Generating Magnetic Shock Absorber". dalam Scientific Journal of Impact Factor (SJIF): 4.72: International Journal of Advance Engineering and Research Development Volume 4, Issue 3. Chakan: Mechanical Department, P K Technical Campus.
- [9] Setiadi, Muhammad Furqon, Mas Sarwoko, dan Ekki Kurniawan. 2015. "Pemanfaatan Fluks Magnetik Sebagai Sumber Pembangkit Tenaga Listrik Dengan Menggunakan Selenoida". Bandung: Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.
- [10] Siahaan, Ian Hardianto dan Albertus Kenny Kuncoro. 2015. "Desain Pengembangan Prototipe Sistem Elektromagnetik Regenerative Shock Absorber untuk Membantu Proses Recovery pada Baterai Mobil". Seminar Nasional Teknik Mesin. Surabaya: Prodi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra.
- [11] Susilo, Sidik dkk. 2020. "Modeling of Electromagnetic Energy Harvesting from Vehicle Damper in Shock Absorber of Motorcycle" dalam IOP Publishing: Journal of Physics. Banten: Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.