



Pengaruh Variasi Diameter dan Jumlah Lilitan Tembaga terhadap Tegangan Listrik yang Dihasilkan pada Alat Peredam Kejut Regeneratif Skala Laboratorium

The Effect of Diameter Variation and Windings of Copper on Voltage Generated on Regenerative Shock Absorber Laboratory Scale

Sidik Susilo¹, Yusvardi Yusuf², Shofiatul Ula³, Baskoro Adi Hermawan⁴, Muhammad Reza Ghifari⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

¹sidik@untirta.ac.id, ²yusvardi.yusuf@untirta.ac.id, ³shofi@untirta.ac.id, ⁴baskoro.st@gmail.com, ⁵rezareghif@gmail.com

Abstrak

Alat peredam kejut regeneratif elektromagnetik merupakan salah satu alat untuk mengonversi energi listrik yang didasarkan pada hukum Faraday. Mekanisme alat ini yakni dengan magnet yang bergerak dengan kumparan tetap, yaitu 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 yang selanjutnya menghasilkan aliran listrik. Tujuan dari penelitian ini untuk memanfaatkan vibrasi pada peredam kejut dengan mengubahnya menjadi peredam kejut elektromagnetik dengan aplikasi skala laboratorium untuk mendapatkan energi listrik sebagai usaha menemukan sumber energi terbarukan serta mengetahui pengaruh variasi yang diberikan. Prosedur penelitian dilakukan dengan variasi diameter, jumlah lilitan tembaga dan frekuensi getaran yang tetap. Kumparan pada tembaga tidak bergerak, namun magnet N52 yang bergerak osilasi translasi melewati kumparan tembaga. Hasil penelitian memperlihatkan pengaruh variasi yang diberikan, yaitu semakin besar diameter tembaga yang digunakan maka tegangan listrik yang didapat akan semakin besar, sama halnya dengan semakin besar jumlah lilitan tembaga maka tegangan listrik yang didapat akan semakin besar. Adapun tegangan maksimal yang dapat dihasilkan yaitu 2,33 Volt yang didapat dari tembaga diameter 1 mm dengan jumlah lilitan 350.

Kata Kunci: peredam kejut, elektromagnetik, frekuensi, lilitan, tegangan listrik.

Abstract

Electromagnetic regenerative shock absorbers are a tool for converting electrical energy based on Faraday's law. This mechanism with a moving magnet with a fixed coil; its main component uses a magnetic induction transducer to create magnetic flux in a coil that moves in a magnetic field which causes the magnetic flux to vary through the electric circuit and thus produces an electric current. This research aims to utilize vibration in shock absorbers by converting into electromagnetic shock absorbers with laboratory scale applications to obtain electrical energy as an effort to find renewable energy sources and determine the effect of variations given. The research procedure was carried out by varying the diameter and number of copper turns and a constant frequency of vibration. The copper coil does not move, but the N52 magnet moves the translational oscillation through the copper coil. The results showed the effect of the variation given, where the larger the diameter of the copper used, the greater the electric voltage obtained, as well as the greater the number of copper turns, the greater the voltage obtained. The maximum voltage that can be generated is 2.33 volts which are obtained from copper with a diameter of 1 mm with a number of turns 350.

Keywords: electromagnetic, frequency, shock absorbers, voltage, winding.

PENDAHULUAN

Ketergantungan manusia terhadap sumber energi yang tidak dapat diperbarui memanglah menjadi ancaman yang nyata dalam persediaan energi di bumi ke depannya. Dengan pertumbuhan penduduk yang tinggi kebutuhan energi menjadi sangat tinggi. Melihat dari fenomena ini manusia dituntut untuk terus berinovasi untuk mendapat energi dari sumber lain seperti energi termal, matahari, kecepatan angin, gelombang air laut, atau biogas sekalipun. Berbagai penelitian terus dilakukan untuk mendapatkan sumber energi alternatif yang memiliki nilai lebih untuk mengganti peranan sumber energi tak terbarukan ini. Tidak hanya bertujuan menjadi sumber energi alternatif, sumber energi alternatif juga harus dapat mengurangi dampak dari penggunaannya terhadap pencemaran lingkungan.

Saat ini sudah banyak dilakukan penelitian terhadap kebutuhan sumber energi dari berbagai cabang aspek kehidupan. Energi alternatif merupakan sumber energi yang dicari demi memenuhi kebutuhan energi di masa yang akan datang misalnya pada bidang otomotif. Oleh karena itu, para peneliti terdorong untuk melakukan penelitian yang berfokus pada pemanfaatan energi terbarukan pada bidang otomotif untuk menaikkan efisiensi pemanfaatan energi yang dihasilkan dari pembakaran pada kendaraan. Salah satu yang dikembangkan yaitu peredam kejut kendaraan atau *shock absorber* menjadi RSA (*Regenerative Shock Absorber*).

Telah dikembangkan salah satu hasil penelitian, yaitu tentang peredam kejut menjadi peredam kejut regeneratif [1]. Pada penelitian tersebut, dengan diubahnya menjadi energi listrik, energi yang terbuang pada *shock absorber* dapat dimanfaatkan. Penelitian lain dilakukan uji RSA pada truk yang menghasilkan sekitar 1 kW pada kondisi jalan yang standar. Dengan kecepatan 16 ms^{-1} untuk setiap roda sebesar 100 W yang sama, didapatkan kemampuan pemulihan energi dengan 5% dari total daya pada kendaraan pada saat berkendara di jalan tol [2].

Saat ini, kebutuhan energi dunia terutama energi listrik sangat penting. Saat ini pula masih jarang ditemukan realisasi atau aplikasi sumber energi listrik dari pemanfaatan kekuatan medan magnetik. Masih kurang pula diperhatikan atau disia-siakan dari pemanfaatan fluks magnetik yang berasal dari sumber medan magnetik. Beberapa kebutuhan alat elektronik dapat menggunakan fluks magnetik yang tercipta akibat adanya medan magnetik. Salah satu penelitian yang telah dilakukan adalah memodelkan dan menganalisis jenis *Electromagnetic Regenerative Shock Absorber* (EMRSA) [3]. Rancangan *Regenerative Shock Absorber* (RSA) pada penelitian tersebut memanfaatkan fluks magnet sebagai sumber dari pembangkit tenaga listrik.

Penelitian lain yaitu tentang generator elektromagnetik mikro untuk pemanenan energi getaran telah diteliti pada [4], sedangkan penelitian tentang desain dan pengembangan *shock absorber* regeneratif telah dikaji pada [5], selain itu desain peredam regeneratif elektromagnetik dan penilaian pemanenan energi telah dikaji pula pada [6]. Selenoid dapat digunakan untuk memanfaatkan fluks magnetik sebagai sumber pembangkit tenaga listrik [7], sedangkan dikembangkan pula desain prototipe dari sistem elektromagnetik *regenerative shock absorber* dalam membantu proses *recovery* pada baterai mobil [8]. Pembuatan model dan analisis *regenerative shock absorber* (RSA) pada sistem suspensi kendaraan militer roda ban telah diteliti pada [9], sedangkan penelitian tentang peredam kejut magnet yang menghasilkan daya telah diteliti pada [10], dan kajian tentang peredam kejut regeneratif dalam sistem suspensi kendaraan telah diteliti pada [11]. Penelitian terbaru tentang desain peredam kejut elektromagnetik 16-slot 8-kutub berkinerja tinggi menggunakan struktur magnet permanen baru telah diteliti pada [12], sedangkan penelitian terbaru tentang pemodelan pemanfaatan energi elektromagnetik dari *damper* kendaraan pada *shock absorber* sepeda motor telah diteliti pada [13].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara memanfaatkan energi getaran yang terbuang pada sistem suspensi, dengan mengembangkan peredam kejut menjadi peredam kejut regeneratif elektromagnetik skala laboratorium. Selanjutnya penelitian dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan listrik yang dihasilkan pada masing-masing hubungan variasi, serta mencari pengaruh variasi diameter dan jumlah lilitan tembaga terhadap tegangan listrik yang dihasilkan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Manufaktur Jurusan Teknik Mesin dan Laboratorium Instrumentasi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten. Metode penelitian yang digunakan adalah metode studi literatur dan metode eksperimen. Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan: studi literatur, desain peredam kejut skala laboratorium, pembuatan alat peredam kejut skala laboratorium, pengetesan alat peredam kejut skala laboratorium dan selanjutnya dilakukan analisis data.

Energi listrik yang dihasilkan pada penelitian ini didapatkan dari induksi GGL (Gaya Gerak Listrik) dengan memanfaatkan pantulan alat peredam kejut skala laboratorium, yang selanjutnya dilakukan pencarian nilai tegangan yang dihasilkan. Pengujian dilakukan pada alat peredam kejut skala laboratorium. Parameter-parameter yang diperhatikan dalam penelitian ini yaitu tegangan listrik, frekuensi, jumlah lilitan, dan diameter tembaga.

Variabel bebas pada penelitian ini yaitu diameter tembaga dan jumlah lilitan kumparan, sedangkan variabel tetapnya yaitu frekuensi getaran. Nilai medan magnet didapat dari *properties*, bukan dari hasil perhitungan. Faktor gesekan mekanik dan hambatan tembaga diabaikan karena nilainya yang kecil. Berikut dibahas beberapa pengertian dan formula yang digunakan dalam penelitian ini.

Induksi Elektromagnetik

Michael Faraday telah menemukan konsep induksi elektromagnet secara eksperimen sedangkan Joseph Henry melengkapi dan merumuskan konsep tersebut, sehingga hukum induksi elektromagnet dikenal sebagai Hukum Faraday-Henry. Maxwell mengemukakan usulan bahwa jika medan magnet yang berubah terhadap waktu dapat menghasilkan medan listrik, maka hal sebaliknya boleh jadi dapat terjadi. Dengan demikian, apabila terdapat medan listrik yang berubah-ubah terhadap waktu maka medan magnet dapat dihasilkan. Hukum ini selanjutnya disebut sebagai hukum ketiga yang menghubungkan antara kemagnetan dan kelistrikan.

Prinsip yang Maxwell kemukakan ini adalah medan, dan dari medan listrik yang berubah-ubah terhadap waktu tersebut magnet dapat dihasilkan. Pada dasarnya prinsip ini merupakan pengembangan dari hukum Ampere. Sehingga prinsip ini dikenal sebagai hukum Ampere-Maxwell. Sehingga prinsip dasar kemagnetan serta kelistrikan dari ketiga prinsip yang dikemukakan Maxwell, dapat dilihat suatu pola mendasar, yang mana medan magnet dapat dihasilkan oleh medan listrik yang berubah terhadap waktu, dan medan listrik yang juga berubah-ubah terhadap satuan waktu dapat dibangkitkan pula oleh medan magnet yang berubah terhadap waktu. Medan listrik dan medan magnet yang dihasilkan bersifat kontinu apabila proses yang terjadi pada prinsip tersebut kontinu juga. Dalam hal ini, suatu gejala gelombang elektromagnetik terjadi jika medan magnet dan medan listrik ini terjadi secara serempak merambat di dalam ruang ke segala arah. Hal tersebut terjadi dikarenakan medan listrik dan medan magnet yang merambat dalam ruang.

Aplikasi induksi elektromagnetik gerakan relatif magnet ke dalam koil menghasilkan variasi fluks magnetik di dalam koil atau kumparan. Kaitannya dengan induksi Hukum Faraday, tegangan dihasilkan di dalam *loop* kumparan. Tegangan yang dihasilkan di dalam *loop* kumparan dirumuskan dengan

$$V = -B \cdot l_{\text{coil}} \cdot v, \quad (1)$$

Dengan B adalah nilai densitas fluks magnet dan dianggap mendekati konstan di dalam kumparan, v adalah kecepatan relatif pergerakan koil atau magnet, serta l_{coil} adalah panjang total koil.

Fluks Magnet

Lambang B pada persamaan (2) menyatakan kuat medan magnetik, yang disebut dengan induksi magnet, yaitu menyatakan kerapatan garis gaya magnet. Banyaknya jumlah garis gaya yang menembus permukaan bidang secara tegak lurus dinyatakan oleh fluks magnetik. Pada persamaan (2) memiliki pengertian bahwa fluks magnetik merupakan perkalian dari medan magnetik B dengan luasan A yang dibatasi oleh rangkaiannya.

$$\Phi = B \cdot A. \quad (2)$$

Fluks magnetik tersebut sebanding dengan jumlah garis yang melalui luasan tersebut karena medan magnetik sebanding dengan jumlah garis medan magnetik per-satuan luas. Persamaan (3) merupakan definisi dari fluks magnetik jika medan magnetik tidak tegak lurus terhadap permukaannya.

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos(\theta), \quad (3)$$

Dengan:

Φ = Fluks magnetik (Wb = weber)

B = Induksi magnet (T atau WB.m⁻²)

A = Luas permukaan bidang (m²)

θ = Sudut yang dibentuk antara arah B dengan garis normal

Hukum Faraday

Setiap perubahan medan magnet pada kumparan akan menyebabkan Gaya Gerak Listrik (GGL) yang diinduksi oleh kumparan tersebut merupakan pernyataan dari Hukum Faraday I. Sedangkan Hukum Faraday I menyatakan pula bahwa tegangan GGL induksi di dalam rangkaian tertutup adalah sebanding dengan kecepatan perubahan fluks terhadap waktu. Gabungan dari dua Hukum Faraday tersebut, dapat dinyatakan dalam formula Hukum Faraday pada persamaan (4), yang menyatakan bahwa setiap perubahan medan magnet pada kumparan akan menyebabkan Gaya Gerak Listrik (GGL) induksi yang sebanding dengan laju perubahan fluks.

$$\varepsilon = -N(\Delta\Phi/\Delta t), \quad (4)$$

Dengan:

ε = GGL induksi (volt)

N = Jumlah lilitan kumparan

$\Delta\Phi$ = Perubahan fluks magnetik (weber)

Δt = Selang waktu (s)

(Tanda negatif menandakan arah gaya gerak listrik (GGL) induksi).

Gerak gaya listrik melalui suatu rangkaian yang tertutup akan mengalirkan arus listrik. Di sekitar arus listrik tersebut akan timbul fluks magnet apabila arus listrik mengalir di dalam suatu rangkaian. Dari percobaan yang Faraday lakukan, didapatkan bahwa gerak gaya listrik hasil dari induksi bergantung pada laju perubahan fluks magnet yang melintasi suatu rangkaian tertutup. Persamaan (5) menyatakan GGL induksi yang terjadi pada penghantar yang bergerak dalam medan magnet.

$$\varepsilon = -B l v, \quad (5)$$

Dengan:

- ε = GGL induksi antara ujung-ujung penghantar (volt)
- B = Induksi magnet (T atau $WB.m^{-2}$)
- v = Kecepatan relatif GGL induksi (ms^{-1})
- l = *Practical coil length* (m).

Gerak Harmonik Sederhana

Gerak harmonik sederhana termasuk ke dalam gerak periodik yang ada gerak bolak-balik atau ada siklus, sehingga pergerakan akan kembali ke posisi awal. Dalam gerak harmonik sederhana penting sekali untuk menganalisis gaya apa yang berfungsi untuk gaya pemulihan. Adapun persamaan hubungan dalam gerak harmonik sederhana dengan kecepatan relatif dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

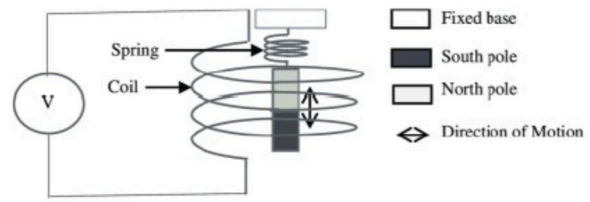
Dengan:

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

EMRS (*Electromagnetic Regenerative Shock*)

Mekanisme EMRS (pembangkit listrik elektromagnetik) adalah mengonversikan energi listrik yang didasarkan pada 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 menghasilkan aliran arus. Mekanisme ini dapat diwujudkan dengan magnet bergerak dengan kumparan tetap atau magnet tetap dengan kumparan bergerak untuk membuat variasi fluks magnet. Mekanisme ini digunakan untuk mengubah gerak

(osilasi naik turun *shock absorber*) menjadi energi listrik seperti diilustrasikan pada Gambar 1.

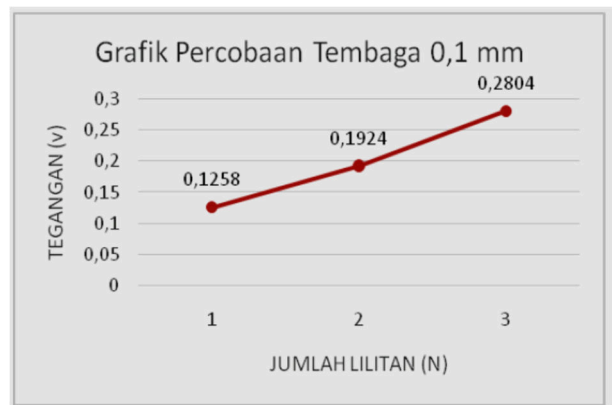


Gambar 1. Mekanisme EMRS.

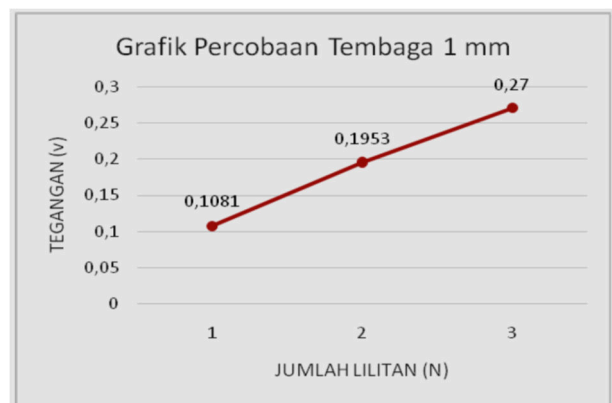
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Eksperimen dan Perhitungan

Eksperimen dilakukan dengan menggunakan percobaan tembaga 0,1 mm dan 1 mm dengan frekuensi 2 Hz. Sedangkan jumlah lilitan yang digunakan yaitu sebanyak 150, 250 dan 350 lilitan. Adapun data hasil percobaan pada tembaga 0,1 mm disajikan pada grafik Gambar 2 sedangkan percobaan pada tembaga 1 mm disajikan pada grafik Gambar 3.



Gambar 2. Grafik percobaan tembaga 0.1 mm

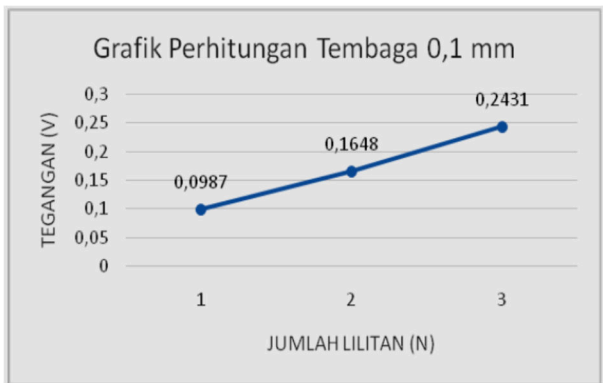


Gambar 3. Grafik percobaan tembaga 1 mm

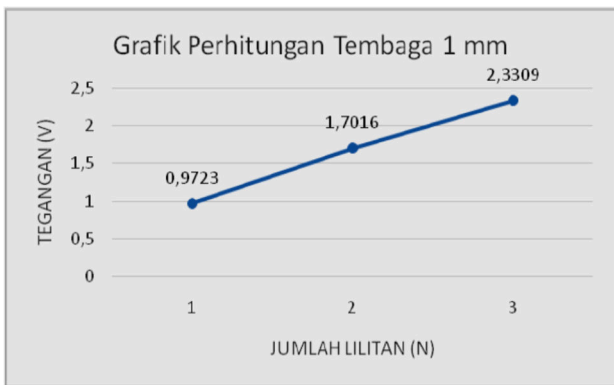
Grafik pada Gambar 2 terlihat bahwa ketika tembaga 0,1 mm dengan frekuensi 2 dan lilitan sebanyak 150, 250 dan 350 lilitan, berturut-turut menghasilkan 0,1258 V, 0,1924 V dan 0,2804 V. Sedangkan grafik pada Gambar 3 terlihat bahwa ketika tembaga 1 mm dengan frekuensi 2

dan lilitan sebanyak 150, 250 dan 350 lilitan, berturut-turut menghasilkan 0,1081 V, 0,1953 V dan 0,270 V.

Selanjutnya dilakukan pencarian data perhitungan tembaga 0,1 mm dan 1 mm dengan frekuensi 2 Hz. Sedangkan jumlah lilitan yang digunakan yaitu sebanyak 150, 250 dan 350 lilitan. Adapun data hasil perhitungan pada tembaga 0,1 mm disajikan pada grafik Gambar 4 sedangkan perhitungan pada tembaga 1 mm disajikan pada grafik Gambar 5.



Gambar 4. Grafik perhitungan tembaga 0.1 mm



Gambar 5. Grafik perhitungan tembaga 1 mm

Grafik pada Gambar 4 terlihat bahwa ketika tembaga 0,1 mm dengan frekuensi 2 dan lilitan sebanyak 150, 250 dan 350 lilitan, berturut-turut menghasilkan 0,0987 V, 0,1648 V dan 0,2431 V. Sedangkan grafik pada Gambar 5 terlihat bahwa ketika tembaga 1 mm dengan frekuensi 2 dan lilitan sebanyak 150, 250 dan 350 lilitan, berturut-turut menghasilkan 0,9723 V, 1,7016 dan 2,3309.

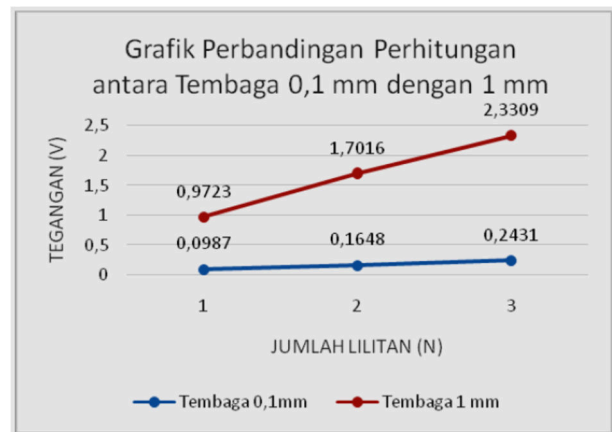
Analisis Tegangan Listrik yang Dihasilkan

Langkah selanjutnya pada penelitian ini yaitu mencari pengaruh variasi dari jumlah lilitan yang dipakai yaitu 150 lilitan, 250 lilitan, dan 350 lilitan kemudian menggunakan 2 jenis ukuran ketebalan tembaga yaitu tembaga dengan diameter 0,1 mm dan diameter 1 mm. Frekuensi getaran yang digunakan yaitu sebesar 2 Hz. Berdasarkan hasil tegangan yang didapat dari percobaan menunjukkan bahwa:

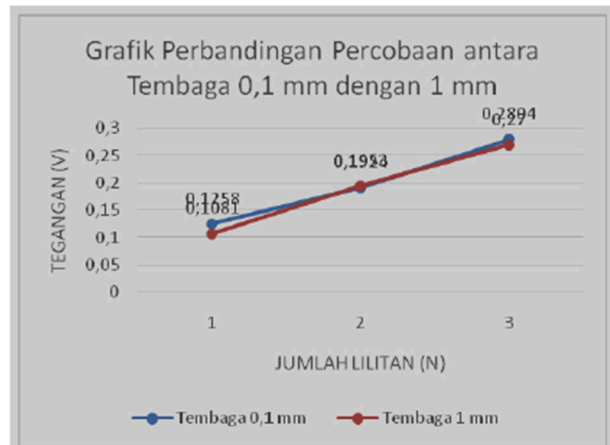
1. Hasil tegangan yang didapat dari perhitungan menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lilitan maka tegangan listrik yang didapat juga semakin besar. Begitu juga apabila semakin besar diameter tembaga maka tegangan listrik yang didapat juga semakin besar. Hal ini dapat dilihat dari hasil tegangan pada jumlah lilitan yang sama pada masing-masing diameter tembaga. Data perbandingan perhitungan dan grafik pada tembaga 0,1 mm dengan 1 mm dapat dilihat berturut-turut pada Tabel 1 dan Gambar 6.

Tabel 1. Data Perbandingan Perhitungan Tembaga 0.1 mm dengan 1 mm.

f(Hz)	N	V (volt) Perhitungan 0,1 mm	V (volt) Perhitungan 1 mm	Beda
2	150	0,0987	0,9723	0,8736
2	250	0,1648	1,7016	1,5368
2	350	0,2431	2,3309	2,0878



Gambar 6. Grafik perbandingan perhitungan tembaga 0.1 mm dengan 1 mm



Gambar 7. Grafik perbandingan percobaan tembaga 0,1 mm dengan 1mm

2. Hasil tegangan yang didapat dari percobaan menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lilitan maka tegangan listrik yang didapat juga akan semakin besar. Begitu pun juga apabila semakin besar diameter

tembaga maka tegangan listrik yang didapat juga akan semakin besar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Gap antara grafik perhitungan perbandingan perhitungan tembaga 0,1 mm dengan 1 mm menunjukkan tegangan yang dihasilkan tembaga 1 mm sepuluh kali lebih besar dibandingkan tegangan yang dihasilkan tembaga 0,1 mm.

Namun terdapat hasil yang tidak sesuai pada hasil tegangan pada percobaan tembaga diameter 1 mm (Gambar 7). Dapat dilihat bahwa tegangan yang didapat pada percobaan tembaga diameter 1 mm, hasilnya lebih kecil dari tegangan percobaan tembaga 1 mm. Seharusnya hasil percobaan pada tembaga 1 mm lebih besar dibandingkan tembaga 0,1 mm. Hal tersebut dikarenakan saat melakukan percobaan pada tembaga 1 mm pegas yang digunakan pada pengambilan data, konstanta pegas sudah tidak sama atau sudah berkurang dibandingkan dengan awal pengambilan data. Hal ini dapat dilihat berturut-turut pada Tabel 2 dan Gambar 7.

Tabel 2. Data Perbandingan Percobaan Tembaga 0,1 mm dengan 1 mm.

f(Hz)	N	V (volt) Perhitungan 0,1 mm	V (volt) Perhitungan 1 mm	Beda
2	150	0,1258	0,1081	-0,0177
2	250	0,1924	0,1953	0,0029
2	350	0,2804	0,27	-0,0104

3. Adapun beberapa kesalahan yang menyebabkan simpangan atau perbedaan data antara hasil perhitungan dengan percobaan pada penelitian ini adalah:
 - a. Melakukan pengambilan data dengan alat yang sederhana berupa sistem EMRSA sederhana, sehingga hasilnya kurang akurat.
 - b. Kurang cermatnya dalam pengambilan data.
 - c. Menggunakan satu pegas yang diulang-ulang, sehingga dapat mempengaruhi pergerakan pegas yang digunakan.

PENUTUP

Simpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Energi listrik dapat dihasilkan dengan memanfaatkan aplikasi fluks magnet yang melewati kumparan tembaga. Pada alat EMRSA, magnet bergerak secara bolak-balik melewati kumparan tembaga, sehingga fluks yang dihasilkan oleh magnet ditangkap oleh kumparan tembaga sehingga menghasilkan aliran listrik.
2. Tegangan-tegangan yang didapat pada penelitian ini yaitu, pada tembaga berdiameter 0,1 mm dengan jumlah lilitan kumparan 150 lilitan, 250 lilitan dan 350 lilitan masing-masing menghasilkan tegangan sebesar

0,099 V, 0,165 V, dan 0,243 V. Sedangkan pada tembaga berdiameter 1 mm dengan jumlah lilitan kumparan 150 lilitan, 250 lilitan dan 350 lilitan masing-masing menghasilkan tegangan sebesar 0,972 V, 1,702 V, dan 2,331 V. Adapun tegangan terbesar yang didapatkan sebesar 2,331 V didapat dari tembaga diameter 1 mm dengan jumlah lilitan 350.

3. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini berupa variasi jumlah lilitan dan variasi diameter tembaga mempengaruhi tegangan listrik yang dihasilkan pada sistem alat peredam kejut regeneratif elektromagnetik skala laboratorium atau EMRSA ini. Didapat bahwa semakin banyak jumlah lilitan maka tegangan listrik yang didapat juga semakin besar. Begitu juga apabila semakin besar diameter tembaga maka tegangan listrik yang didapat juga semakin besar. Hal ini dikarenakan tembaga dengan diameter 1 mm memiliki nilai hambatan yang lebih kecil dibandingkan dengan tembaga diameter 0,1 mm, serta semakin banyak jumlah lilitan maka akan semakin besar pula fluks magnet yang ditangkap di dalam kumparan.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka ada beberapa evaluasi atau saran untuk penelitian berikutnya, yakni:

1. Melakukan pengembangan alat penelitian untuk penelitian selanjutnya.
2. Melakukan penelitian lanjutan, dengan mencobanya langsung pada alat shaker yang terdapat di laboratorium, sehingga hasil yang didapat lebih akurat.
3. Mencoba lebih banyak variasi dan pengambilan data, untuk hasil yang lebih baik.
4. Menambahkan variabel hambatan dan resistor dalam penelitian selanjutnya untuk mendapatkan output daya dari EMRSA.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Laboratorium Teknik Manufaktur Jurusan Teknik Mesin dan Laboratorium Instrumentasi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa atas fasilitas yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Tidak lupa kami ucapkan terima kasih kepada tim redaksi dan *reviewer* atas saran dan masukan yang telah diberikan sehingga tampilan dan isi dari jurnal ini menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. S. Avadhany, C. A. Us, V. Tarasov, Z. Anderson, B. Hills, and C. A. Us, "(12) United States Patent," vol. 2, no. 12, 2013.
- [2] P. Hsu, "Power recovery property of electrical active

suspension systems,” *IECEC 96. Proc. 31st Intersoc. energy Convers. Eng. Conf.*, vol. 3, pp. 1899--1904, 1996.

- [3] S. Patil, Rahul Uttamrao and Gawade, “Design and static magnetic analysis of electromagnetic regenerative shock absorber,” *Int. J. Adv. Eng. Technol.*, vol. 3, pp. 54–59, 2012.
- [4] D. Zhu, S. Beeby, J. Tudor, N. White, and N. Harris, “A Novel Miniature Wind Generator for Wireless Sensing Applications,” *Proc. IEEE Sensors*, vol. 1, pp. 1415–1418, 2010.
- [5] A. Afzal, KM and Tadamalle, “Design & Development of a Regenerative Shock Absorber,” *Int. J. Innov. Eng. Res. Technol. [IJIERT] ISSN*, pp. 2394--3696.
- [6] L. Cannizzaro, V. M. G, A. Giallanza, M. Porretto, and G. Marannano, “Design of an Electromagnetic Regenerative Damper and Energy Harvesting Assessment,” *J. Electromagn.*, vol. 1, pp. 5–11, 2016.
- [7] M. F. Setiadi, M. Sarwoko, and E. Kurniawan, “Pemanfaatan Fluks Magnetik Sebagai Sumber Pembangkit Tenaga Listrik Dengan Menggunakan Solenoida,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 2, no. 3, pp. 7011–7018, 2015.
- [8] I. H. Siahaan, A. K. Kuncoro, J. Siwalankerto, and S. Indonesia, “Desain Pengembangan Prototipe Sistem Elektromagnetik Regenerative Shock Absorber Untuk Membantu Proses Recovery Pada Baterai Mobil,” 2015.
- [9] T. Budiarto and H. L. Guntur, “Pemodelan dan Analisa Regenerative Shock,” *J. Tek. POMITS*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2012.
- [10] M. Akash, Bath Kumar and P. Rana, “Power Generating Magnetic Shock Absorber,” *Int. J. Adv. Eng. Res. Dev.*, vol. 5, no. 3, pp. 434–439, 2018.
- [11] A. V. Kireev, N. M. Kozhemyaka, A. S. Burdugov, and A. V. Klimov, “Regenerative shock absorber in the vehicle suspension system,” *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 12, no. 22, pp. 12390–12394, 2017.
- [12] M. T. Duong, Y. Do Chun, and D. K. Hong, “Design of a high-performance 16-slot 8-pole electromagnetic shock absorber using a novel permanent magnet structure,” *Energies*, vol. 11, no. 12, pp. 1–12, 2018.
- [13] S. Susilo, S. Abdullah, D. Satria, M. R. Ghifari, and B. A. Hermawan, “Modeling of electromagnetic energy harvesting from vehicle damper in shock absorber of motorcycle,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1477, no. 5, 2020.