

## FENOMENA ARUS EDDY PADA PLAT ALUMINIUM MENGUNAKAN SOLENOID BERBENTUK BALOK

Zulkarnain<sup>1</sup>, Erwin<sup>2</sup>, Indah Cahyani<sup>2</sup>

Prodi Fisika

Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

Kampus Bina Widya, Jl. Prof. Dr. Muchtar Luthfi

Pekanbaru 28293

zulkarnain@unri.ac.id

### ABSTRAK

Penelitian untuk mengamati fenomena arus eddy pada plat aluminium dan koil berbentuk solenoid balok telah dilakukan. Fenomena arus Eddy diamati pada plat aluminium dengan ukuran 6 x 10 cm dan memiliki tangkai dengan panjang 20 cm. Sumber medan magnet dihasilkan oleh solenoid yang dihubungkan secara seri dan paralel. Solenoid dirancang berbentuk balok dengan ukuran 4x4x10 cm. Solenoid diberi inti dari bahan ferromagnetik yaitu besi (Fe). Plat aluminium yang digunakan dirancang dengan empat model yaitu satu celah, tiga celah, empat celah dan tanpa celah. Kuat medan magnet diukur dengan menggunakan Probe Magnetic Pasco PS-2162 secara horizontal dan vertikal terhadap solenoid dengan memvariasikan jarak dan besarnya arus. Hasil penelitian menunjukkan medan magnet terbesar dihasilkan oleh kumparan menggunakan inti yang dihubungkan secara seri yaitu sebesar 40.1535 mT pada arus 7A. Arus Eddy yang timbul pada plat dipengaruhi oleh besarnya kuat medan magnet dan jumlah celah pada plat. Semakin besar kuat medan magnet yang digunakan maka jumlah ayunan dari plat semakin menurun. Selain itu, jumlah ayunan menurun dengan bertambahnya jumlah celah pada plat. Penurunan ini disebabkan oleh adanya pemutusan dari arus Eddy yang terbentuk pada plat oleh celah-celah yang terdapat pada plat tersebut, sebagai perbandingan pengaruh kuat medan magnet terhadap jumlah ayunan digunakan magnet Neodymium Iron Boron sebagai sumber medan magnet dan hasilnya menunjukkan bahwa jumlah ayunan pada plat menurun secara drastis.

**Kata kunci** : Arus Eddy, solenoid balok, plat aluminium

### ABSTRACT

The study is to observe the phenomenon of the eddy current in aluminum plate and coil shaped a solenoid beam has done. Eddy current phenomenon is generated in the aluminum plate with a size of 6 x 10 cm and extended with a 20 cm length of stick. The source of the magnetic field is generated by a pair of solenoid connected in series and parallel combination. The solenoid was designed in from of beam with the width, high, and length of 4, 4, 10 cm respectively. In order to increment the magnetic field strength of the solenoids it is necessary to insert a ferromagnetic material such as a iron into the solenoid. Aluminium plate used was designed in four models that is with one strip, three strips, four strips and no strip. The magnetic field strength is measured using Pasco PS-2162 Magnetic Probe in horizontal and vertical direction to the solenoid by varying the distance and magnitude of applied current. The result show that the highest value of magnetic field (40.1535 mT) was produced when the solenoid were connected in series connection with current of 7A. Eddy currents arising in the plate is affected by the magnitude of the magnetic field strength and the numbers of strips in the plate. The larger the magnetic field strength, the smaller the number of oscillations. Moreover, the number of oscillation of the plate is decreased when the number of strips is increased. The decreased of this oscillation as due to the cut of eddy current by the strips. To compare the influence of a magnetic field strength of the oscillation of the plate, then Neodymium Iron Boron magnets used as the source of the magnetic field and the result shows that oscillation was significant decreased.

**Keyword** : Eddy current, beams solenoid, aluminium plate

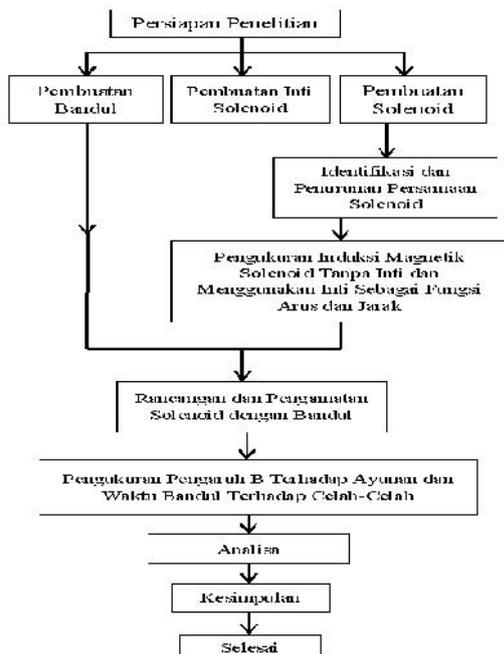
## PENDAHULUAN

Arus Eddy merupakan salah satu fenomena yang paling menonjol dari induksi elektromagnetik. Arus Eddy dapat terjadi jika adanya pemotongan medan magnet oleh penghantar atau konduktor yang digerakkan disekitar medan magnet, sebaliknya arus ini juga bisa terjadi apabila ada sebuah konduktor diam dalam medan magnet yang bergerak secara bolak balik terhadap konduktor tersebut. [11].

Perkembangan penelitian tentang arus Eddy sudah banyak dilakukan, begitu juga penerapannya. Demonstrasi untuk menunjukkan arus Eddy dapat dilakukan melalui percobaan dengan sebuah bandul, dimana bandul logam berayun diantara kedua kutub magnet [1]. Dalam penelitian ini akan dilakukan perancangan dan percobaan untuk mengamati arus Eddy menggunakan bandul yang terbuat dari plat aluminium dan solenoid dengan penampang persegi empat.

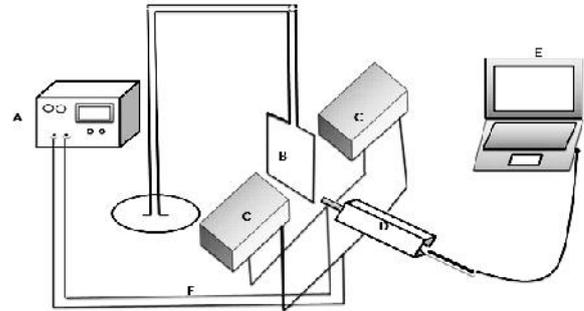
## METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen melalui beberapa tahapan seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Penelitian

Pengukuran kuat medan magnet dilakukan dengan menggunakan Probe Magnetic Pasco PS 2162 secara horizontal dan tegak lurus terhadap solenoid dengan memberikan variasi arus dan jarak. Semua komponen disusun penempatannya kemudian diamati pengaruh kuat medan magnet terhadap model plat yang menggunakan celah-celah dan tanpa celah.



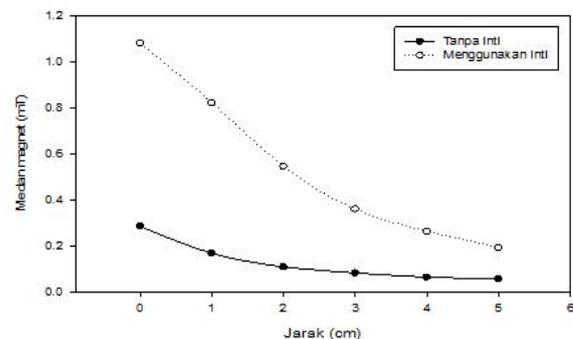
Gambar 2. Ilustrasi rangkaian penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan arus Eddy melalui pengukuran kuat medan magnet sebagai fungsi arus dan jarak menggunakan *Probe Magnetic Pasco* PS-2162 dengan mengamati jumlah ayunan dan waktu pada empat model bandul.

### A. Medan Magnet sebagai Fungsi Arus dan Jarak

Pengukuran kuat medan magnet terhadap jarak horizontal pada kumparan menggunakan inti dan tanpa inti dengan memberikan variasi arus dan jarak. Arus divariasikan dari 2A-10A dan jarak 0.1 cm-5 cm.



Gambar 3. Grafik kuat medan terhadap jarak pada solenoid tanpa inti

Medan magnet sebagai fungsi arus pada kumparan tanpa inti dan menggunakan inti berbanding lurus dengan besarnya arus yang diberikan, perbandingan besarnya kuat medan magnet yang dihasilkan dapat dilihat pada setiap variasi arus, semakin besar arus semakin besar kuat medan magnet yang dihasilkan. Besarnya arus yang diberikan pada kumparan mempengaruhi besarnya kuat medan magnet, semakin besar arus maka semakin banyak garis-garis gaya magnet yang ditimbulkan sehingga medan magnet akan semakin kuat. Medan magnet sebagai fungsi arus terbesar yang dihasilkan pada kumparan tanpa inti terdapat pada variasi arus 10A dan terkecil pada arus 2A, dan begitu juga untuk kumparan dengan menggunakan inti.

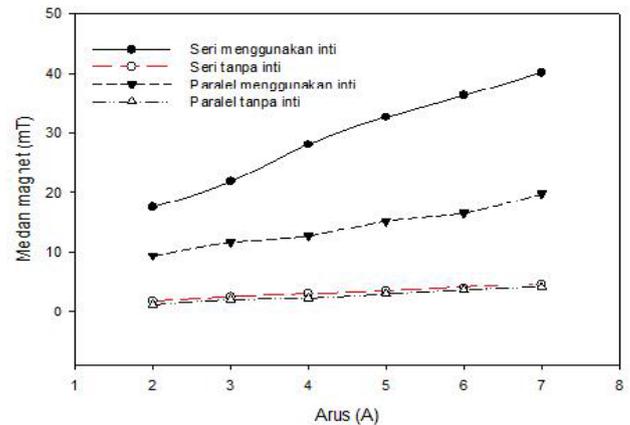
Gambar 3 menampilkan hubungan antara kuat medan magnet terhadap jarak pengukuran untuk arus yang digunakan sebesar 10A. Secara umum, grafik menunjukkan bahwa nilai kuat medan magnet semakin mengecil dengan penambahan jarak pengukuran. Penurunan nilai ini sesuai dengan yang diharapkan bahwa medan magnet berbanding terbalik terhadap jarak. Semakin besar jarak pengukuran maka nilai medan magnetik akan semakin kecil begitu juga sebaliknya karena kerapatan dari garis-garis gaya magnet berkonsentrasi dekat ke permukaan solenoid dan kekuatannya berkurang terhadap jarak yang besar.

Penambahan inti ferromagnetik besi (Fe) pada kumparan menghasilkan penambahan nilai medan magnetik yang cukup besar. Peningkatan nilai medan magnetik melalui *utilisasi* dari inti besi (Fe) disebabkan oleh besi merupakan bahan ferromagnetik yang memiliki domain magnet dimana momen magnet atom memiliki orientasi yang hampir sama sekalipun tidak ada medan magnet yang diberikan[2,4,]. Ketika besi berada dalam medan magnet, maka dipol momen dari masing masing domain akan menyelaraskan diri sesuai dengan arah medan magnet luar yang dalam hal ini adalah medan magnet dari solenoid berpenampang persegi empat.

## B. Medan Magnet pada Kumparan Seri dan Paralel.

Pengukuran kuat medan magnet pada kedua kumparan yang dihubungkan secara seri dan

paralel dilakukan secara tegak lurus terhadap permukaan kedua kumparan. Jarak pada kedua kumparan sama, yaitu 1.5 cm dengan variasi arus dari 2A-7A.



Gambar 4. Grafik B vs A pada solenoidtanpada menggunakan intisecara seri dan paralel.

Terlihat pada grafik kumparan yang dihubungkan secara seri jauh lebih besar dibandingkan pada kumparan yang dihubungkan secara paralel baik ketika menggunakan inti ataupun tanpa menggunakan inti. Kumparan yang dihubungkan secara paralel (kutub yang sama didekatkan) arah garis-garis gaya magnet yang timbul pada masing-masing kumparan saling tolak menolak, sehingga kekuatan medan magnet diantara kedua kumparan cenderung kecil, sebaliknya ketika kumparan yang dihubungkan secara seri (kutub yang berlawanan didekatkan) arah garis-garis gaya magnet dari salah satu kumparan mendekati kumparan lainnya sehingga kuat medan magnet diantara kedua kumparan lebih besar[5,6]. Kutub-kutub pada kumparan tergantung dari arah arus.

## C. Jumlah Ayunan Bandul sebagai Fungsi Geometri

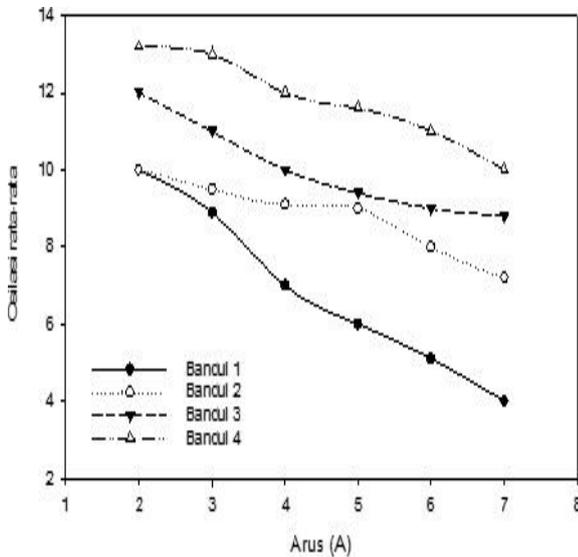
Berdasarkan Tabel 1 diatas terlihat bandul yang paling lama diam terdapat pada bandul 1 (tanpa celah), jumlah ayunan mencapai 14-15 kali, sedangkan bandul yang paling cepat diam adalah bandul 4 (4 celah) dengan ayunan sebanyak 9-10 kali. Secara umum keempat jenis bandul menunjukkan sifat yang sama, yaitu dengan jumlah ayunan yang sama bandul membutuhkan waktu yang berbeda mulai dari

saat bandul dilepaskan sampai diam. Bandul fisis yang bergerak tanpa adanya pengaruh medan magnet dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah massa dari bandul, pusat massa, jarak poros ke pusat massa dan momen inersia dari bandul tersebut.

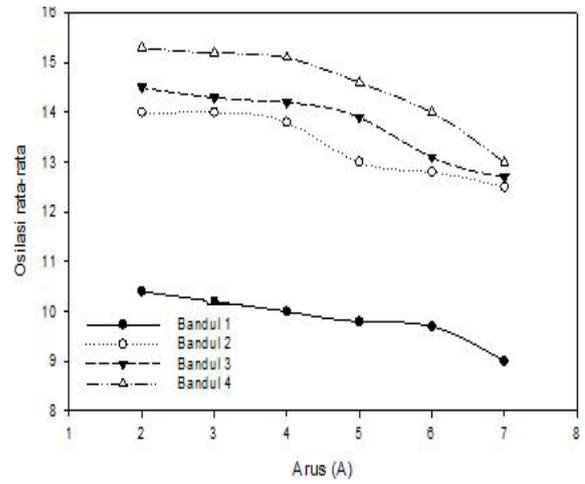
Tabel 1. Data jumlah ayunan dan waktu dari empat bandul tanpa pengaruh medan magnet

Bandul 1		Bandul 2		Bandul 3		Bandul 4	
n	t (s)	N	t(s)	n	t (s)	n	t (s)
14	14.17	13	12.25	12	12.02	10	9.20
14	14.32	13	12.49	12	11.94	10	9.50
14	13.56	13	12.72	12	11.80	9	8.55
14	13.46	13	12.26	12	11.96	9	9.71
14	13.72	13	12.50	12	11.91	9	9.55
14	13.68	13	12.70	12	11.95	9	9.47
15	14.17	13	12.45	12	12.00	9	8.97
15	15.34	13	12.54	12	11.88	9	9.40
15	14.75	13	12.12	12	11.96	9	8.80
15	14.49	13	12.70	12	11.80	9	9.23

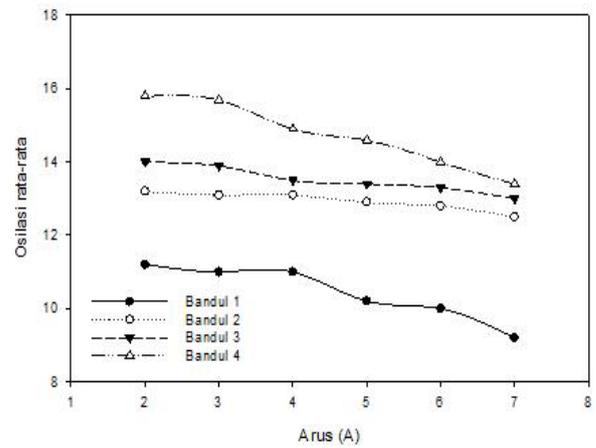
Grafik pengaruh kuat medan magnet terhadap plat-plat dapat dilihat pada Gambar 5 sampai Gambar 8 dibawah.



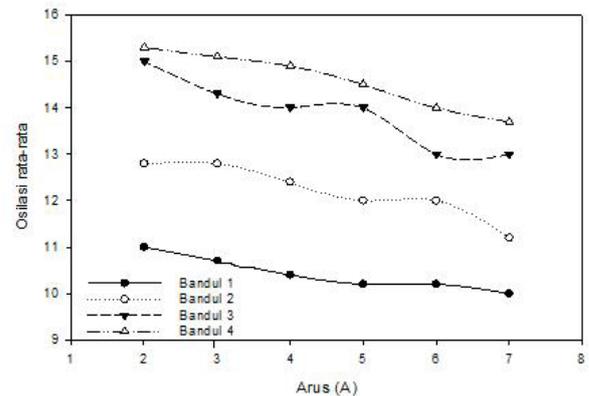
Gambar 5. Grafik hubungan arus terhadap jumlah ayunan arus pada kumparan seri menggunakan inti ferromagnetik



Gambar 6. Grafik hubungan arus terhadap jumlah ayunan pada kumparan paralel menggunakan inti



Gambar 7. Grafik hubungan arus terhadap jumlah ayunan pada kumparan seri tanpa inti ferromagnetik



Gambar 8. Grafik hubungan arus terhadap jumlah pada kumparan paralel tanpa inti

Secara umum dari Gambar 5 sampai 8 dapat dilihat bahwa untuk kumparan yang dihubungkan secara seri maupun paralel, untuk bandul tanpa celah jumlah ayunan nilainya lebih kecil, jumlah ayunan ini juga akan mengecil nilainya untuk kuat medan magnet yang besar begitu juga sebaliknya. Jumlah ayunan semakin besar pada bandul yang menggunakan celah yang lebih banyak, semakin banyak celah pada bandul dan semakin kecil kuat medan magnetnya maka jumlah ayunan akan semakin besar. Fenomena ini akan berlawanan jika bandul diayun tanpa menggunakan medan magnet. Menurunnya jumlah ayunan untuk plat dengan celah yang lebih sedikit ketika berayun diantara kutub magnet disebabkan oleh timbulnya arus Eddy pada plat aluminium tersebut. Ketika medan magnet menembus plat, elektron-elektron bebas pada plat akan bergerak sehingga menghasilkan arus yang berpusar pada plat tersebut (arus Eddy), menurut hukum Lenz arah dari arus ini menghasilkan medan magnet yang melawan perubahan yang menyebabkan arusnya, karena arus Eddy yang diinduksikan selalu menghasilkan gaya hambat yang melawan gerak plat ketika plat memasuki atau meninggalkan medan, maka plat yang berayun pada akhirnya akan diam. Untuk plat dengan jumlah celah yang lebih banyak (1, 3 dan 4), plat akan lebih lama berayun karena arus Eddy dan gaya hambatnya menjadi sangat jauh berkurang.

Secara dinamis, fenomena ini dapat dijelaskan sebagai berikut : tanpa menggunakan medan magnet maka jumlah ayunan dipengaruhi oleh masa, jarak poros terhadap pusat masa, dan momen inersia. Momen inersia dari plat bandul nilainya dipengaruhi oleh massa total dari plat dan juga jarak poros ke pusat massa, semakin besar massa semakin besar jarak poros ke pusat massa maka momen inersia akan semakin besar.

Banyaknya jumlah ayunan pada bandul yang bergerak dibawah pengaruh medan magnet dipengaruhi oleh besarnya kuat medan magnet yang diinduksikan pada plat dan bentuk rancangan dari plat tersebut. Semakin besar kuat medan magnet yang diinduksikan maka arus Eddy yang terbentuk pada plat juga akan semakin besar dan gaya hambat yang melawan gerak plat bandul juga akan semakin besar. Untuk plat tanpa celah arus Eddy yang terbentuk tidak mengalami pemutusan lintasan arus, pada

plat akan terbentuk loop arus yang besar dan menghasilkan gaya hambat yang melawan gerakan plat yang efektifitasnya besar, sehingga jumlah ayunan berkurang atau plat bandul lebih cepat diam. Sebaliknya untuk plat yang di rancang dengan menggunakan celah maka arus yang terbentuk mengalami pemutusan lintasan arus, sehingga arus membentuk loop-loop yang kecil pada bagian-bagian plat yang mengakibatkan efektifitasnya berkurang sehingga plat lebih lama berayun. Semakin banyak celah maka semakin kecil loop-loop yang terbentuk dan semakin banyak berkurang kekuatan gaya yang dihasilkan untuk melawan gerak plat sehingga plat semakin lama berayun atau jumlah ayunan bandul bertambah banyak.

Tabel 2. Data jumlah ayunan dan waktu menggunakan Neodymium Iron Boron (NdFeB)

Jarak (cm)	Bandul 1		Bandul 2		Bandul 3		Bandul 4	
	N	t (s)						
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	1	1.12	2	2.00
3	-	-	1	1.26	3	2.95	6	5.71
4	-	-	3	3.01	5	4.88	8	7.54
5	2	1.59	5	4.88	6	5.83	11	10.37

Magnet standar Neodymium Iron Boron (NdFeB) adalah magnet yang mempunyai kuat medan magnet yang cukup besar, dari hasil percobaan keempat jenis bandul tidak berayun pada jarak 1 cm, karna medan magnet disekitar kutub-kutub magnet yang cukup besar. Semakin besar jarak semakin banyak jumlah ayunan dan waktu yang dibutuhkan bandul mulai bergerak sampai diam, pada jarak 5 cm jumlah ayunan 11 kali dengan waktu 10.37 detik pada bandul 4. Sesuai dengan teori kemagnetan bahwa semakin besar jarak pengukuran semakin kecil medan magnet yang ditimbulkan, sehingga arus induksi dan gaya hambat terhadap gerakan plat yang terbentuk juga akan semakin kecil, pada bandul 4 dengan 4 celah, arus Eddy yang terbentuk pada plat mengalami pemutusan lintasan arus pada

celah-celahnya atau loop-loop arus yang terbentuk jauh berkurang sehingga gaya tolak terhadap gerakan plat lebih kecil bila dibandingkan dengan bandul yang mempunyai celah-celah yang lebih sedikit, sehingga bandul 4 lebih banyak jumlah ayunannya bila dibandingkan bandul 3, 2 dan 1.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Model observasi arus Eddy pada plat logam aluminium dan rancangan solenoid berpenampang persegi empat dengan 400 lilitan telah berhasil dibuat.
2. Pengaruh arus Eddy yang terbentuk pada plat dapat diamati pada perbedaan jumlah ayunan pada plat. Semakin besar kuat medan magnet dan semakin besar lintasan terbentuknya loop-loop arus maka jumlah ayunan bandul menurun.
3. Jumlah ayunan bertambah banyak dengan bertambahnya jumlah celah pada bandul dengan memberikan arus konstan.
4. Penggunaan magnet Neodymium Iron Boron (NdFeB) sebagai medan magnet menyebabkan jumlah ayunan menurun secara drastis. Penurunan ini menunjukkan bahwa semakin kuat medan magnet yang digunakan maka semakin kecil jumlah ayunan pada bandul.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Halliday, D and Resnick, R. 1978. *Physics*(3<sup>rd</sup> edition). New York: Jhon Wiley& Sons.Inc.
- [2] H. H. Wiederick, N. Gauthier and D. A.Campbell. 1987. Magnetik braking :*Simple Theory and Experiment*, Am. J. Phys. 55
- [3] Ichinose, H, Luiza., Kohno, Y., Kitada, T.,Matsumura, M. 2007.*Applications of Eddy Current Test to Fatigue Crack*

*Inspection of Steel Bridges*.Mem. Fac.Eng. Osaka University., Vol.48, pp.

- [4] Jae-Sung, B., Jae-Hyuk, H., Jung-Sang, P., and Dong-Gi, K. 2009.*Modeling and experiments on Eddy current damping caused by a permanent magnet in a conductive tub*. Journal of Mechanical Science and Technology.
- [5] M. K. Kwak, M. I. Lee and S. Heo. 2003.*Vibration Suppression Using EddyCurrent Damper*, K. S. N.V. E. 233.
- [6] Ma, Der -Ming., Kuen, S-Jaw. 2009. *TheDesign of Eddy-Current Magnet Brakes*.Department of Aerospace Engineering, Tamkang University, Danshuei, Taiwan 25137, Republic of China. No. 09-CSME-73, E.I.C. Accession 3159
- [7] Reitz, J. R. 1993. "Foundation Of Electro Theory", Addisio-wesley publishing company. New York.
- [8] Serway and Jewett. 2010. *Physics for scientists and angeiners with modern physics. Fisika untuk sains dan teknik buku 1 edisi 6*. Jakarta : Salemba teknika.
- [9] Serwey and Jewett. 2010. *Physics for scientists and angeiners with modern physics. Fisika untuk sains dan teknik buku 2 edisi 6*. Jakarta : salemba teknika.
- [10] Serway, R. A. 1986. *Physics for Scientist & Engineers with Modern Physics Third Edition*. James Madison University.
- [11] Tipler, Paul A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta : Penerbit Erlangga.