

PENGARUH REDAMAN MEDAN MAGNIT TERHADAP AYUNAN VON WALTENHOVEN DAN PIRINGAN LOGAM BERPUTAR

Nurlaili dan Sumardi

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Pengaruh medan magnet terhadap gerak ayunan logam bersirip dilakukan untuk mendapatkan perbedaan redaman medan magnet terhadap gerakan ayunan logam bersirip dengan logam yang berbentuk pejal. Untuk besar medan magnet yang sama, waktu ayunan logam pejal lebih singkat dibandingkan dengan logam bersirip. Pada saat medan magnet nol atau tegangan belum diberikan. Waktu ayunan logam bersirip dengan logam yang pejal adalah tidak terhingga. Hubungan antara tegangan dengan waktu ayunan adalah berbentuk eksponensial.

Kata Kunci : Medan Magnet, Ayunan Von Waltenhoven dan Piringan Logam Berputar.

PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu dan teknologi terus berkembang dari tahun ketahun dalam tahap mencapai kesempurnaan yang disebut teknologi canggih. Kini kita berada dalam abat listrik. Sebagaimana kita ketahui apabila sesuatu pengantar logam dialiri arus listrik maka timbul magnet disekitarnya. Magnet ada 2 jenis yaitu magnet permanen dan magnet sementara atau buatan.

Magnet bersifat dapat menarik serbuk-serbuk atau benda logam lainnya. Para ahli atau peneliti terdahulu telah dapat membuat kesimpulan bagaimana pengaruh atau defreksi yang diakibatkan oleh medan magnet terhadap partikel-partikel yang bermuatan bergerak melalui magnet tersebut.

Maka dalam penelitian ini penulis mencoba meneliti sejauh mana peredaman yang diakibatkan oleh medan magnet terhadap ayunan non waltenhoven dan piringan logam berputar. Ayunan Von waltenhoven terdiri dari dua bentuk benda yang berbeda yaitu berbentuk pejal dan berbentuk sisir atau sirip.

Hal ini dilakukan karena system peredaman oleh medan magnet ini dapat dipergunakan sebagai pengeraman motor-motor listrik dan pemisahan biji-biji logam pada besi baja, motor-motor listrik dan pemisahan biji-biji logam pada industri besi baja.

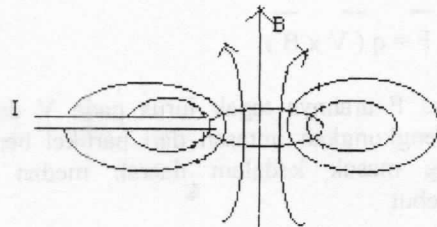
TEORI DASAR

Medan Magnet Suatu Loop Arus

Medan magnet dipusat suatu loop arus adalah :

Garis gaya terletak tegak lurus bidang loop seperti pada gambar 2-1.

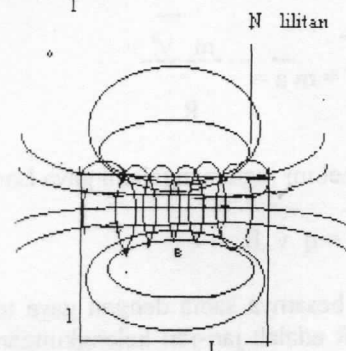
$$B = \frac{\mu_0 i}{2 r}$$



Gambar 2-1. Loop Arus

Akan tetapi bila sebuah selenoide mempunyai beberapa buah loop dibuat lilitan yang rapat dan panjang selenoide magnet didalamnya seragam dan sejajar sumbu, sebagai mana yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini :

$$B = \mu_0 N i$$



Gambar 2-2 Selenoide dengan beberapa buah loop

Dimana,

N adalah Jumlah lilitan

l adalah panjang selenoide
 i adalah besar arus
 r adalah jari-jari loop

Bila sebuah partikel dengan muatan q massanya m dan bergerak dengan kecepatan v masuk kedalam medan magnit yang mempunyai kuat medan magnit sebesar B maka ;

1. Bila kecepatan V sejajar dengan arah medan magnit maka gaya elektromagnetik yang dialami oleh partikel itu adalah :

$$\vec{F} = q (\vec{V} \times \vec{B}) = 0$$

Jadi dalam hal ini jelas bahwa partikel bergerak lurus atau tidak dibelokkan, dan medan magnit tersebut tidak mempengaruhi gerakan dari partikel.

2. Bila kecepatan V tegak lurus dengan arah medan magnit B maka gaya elektromagnetik yang dialami oleh partikel itu adalah :

$$\vec{F} = q (\vec{V} \times \vec{B})$$

Gaya F arahnya tegak lurus pada V dan akan melengkungkan lintasan dari partikel bermuatan yang masuk kedalam daerah medan magnit tersebut.

Arah vector kecepatan sesaat adalah menyinggung lingkaran, meskipun kelajuan adalah tetap besarnya, tetapi kalau kecepatan partikel berubah berarti partikel dipercepat atau diperlambat.

Bila partikel bergerak dipercepat maka pada partikel tersebut bekerja gaya.

Gaya yang bekerja pada partikel tersebut yang lintasannya berupa lingkaran adalah :

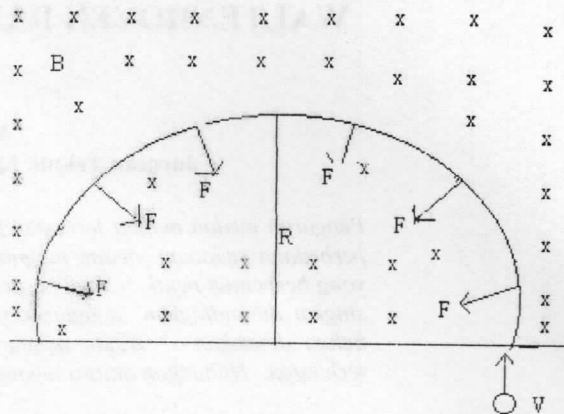
$$F = m a = \frac{m v^2}{R}$$

Partikel ini juga mengalami gaya Lorentz sebesar :

$$F = q v B$$

yang besarnya sama dengan gaya tersebut diatas. Bila R adalah jari-jari kelengkungan lintasan dari partikel maka :

$$v = \frac{q B R}{m}$$



Gambar 2-3. Lintasan partikel bermuatan pada medan magnit.

Jadi jika arah kecepatan dari partikel tegak lurus arah medan magnit maka lintasan dari partikel itu akan berbentuk lingkaran dengan periode :

$$T = \frac{2 \pi m}{q B}$$

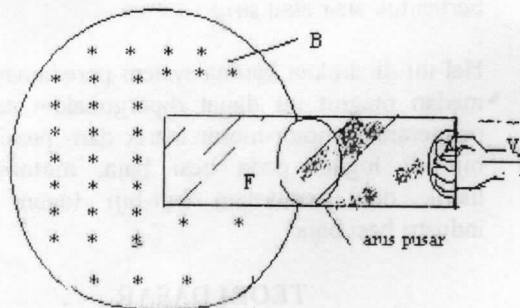
dan frekwensinya :

$$f = \frac{q B}{2 \pi m}$$

periode dan frekwensi dari partikel yang bergerak pada medan magnit tidak tergantung pada kecepatan partikel.

induksi Arus Eddy (pusar)

Untuk memperlihatkan arus-arus induksi dipergunakan kumparan-kumparan kawat.



Gambar 2-4. Induksi arus eddy (pusar)

Bila bahan yang digunakan adalah penghantar logam padat, maka arus induksi adalah berputar yang disebut arus pusar (induksi arus eddy).

Jadi dengan demikian variasi kecepatan bandul adalah gaya Lorentz yang besarnya :

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$

Bila \vec{v} arahnya tegak lurus arah \vec{B} maka arah \vec{F} adalah seperti pada gambar 2-4, dan kalau arah \vec{v} dibalik maka arah \vec{F} juga kebalikannya.

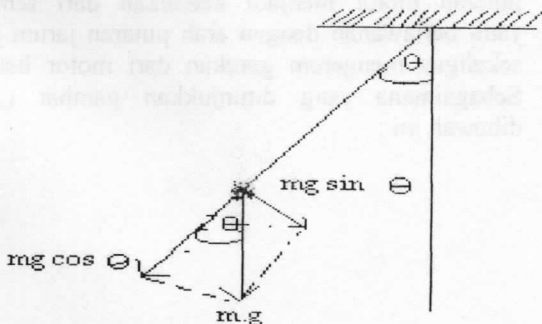
Ayunan Matematis

Bandul sederhana adalah benda ideal yang terdiri dari sebuah titik massa, yang digantungkan pada tali ringan yang tidak dapat mulur.

Jika bandul ditarik kesamping dari posisi seimbang dan dilepaskan, maka bandul akan berayun dalam bidang vertical karena pengaruh gaya gravitasi. Geraknya merupakan gerak osilasi dan periodik.

Gambar 2-5 berikut memperlihatkan sebuah bandul matematis yang panjangnya l dengan massanya m membentuk sudut θ dengan vertical. Gaya yang bekerja pada m adalah gaya gravitasi ($m \cdot g$) dan T adalah tegangan tali.

Uraikan $m \cdot g$ (gaya gravitasi) atas komponen radial dengan besar $m \cdot g \cos \theta$ dan komponen tangensial dengan besar $m \cdot g \sin \theta$. Komponen radial dari gaya tersebut memberi sumbangan pada gaya sentripetal yang dibutuhkan agar benda tetap bergerak pada busur lingkaran. Sedangkan komponen tangensialnya bertindak sebagai gaya pemulih yang bekerja pada massa m untuk mengembalikan ke titik seimbang. Sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar (2.5) dibawah ini.



Gambar 2.5 Gaya-gaya yang bekerja pada bandul matematis.

Jadi gaya pemulihnya adalah $F = m \cdot g \sin \theta$. Perhatikanlah bahwa gaya pemulih ini tidaklah sebanding dengan simpangan sudut θ , tetapi sebanding dengan $\sin \theta$ karena itu gerak yang terjadi bukanlah gerak harmonik sederhana.

Tapi jika sudut θ kecil, maka $\sin \theta$ hampir sama dengan θ bila dinyatakan dalam radian. Pergeseran sepanjang busur adalah $x = l \cdot \theta$ dan untuk sudut yang kecil keadaannya menjadi atau mendekati gerak dalam garis lurus.

Jadi dengan menganggap bahwa $\sin \theta \approx \theta$, kita peroleh :

$$F = - m \cdot g \cdot \theta = - m \cdot g \cdot \frac{x}{l} = - \left(\frac{m \cdot g}{l} \right) \cdot x$$

untuk simpangan yang kecil gaya pemulihnya sebanding dengan simpangan dan berlawanan arah.

Hal ini tidak lain dari pada kriteria gerak harmonik sederhana. Konstanta $m \cdot g / l$ menyatakan konstanta k dalam persamaan $F = -kx$.

Jadi periode bandul sederhana jika amplitudonya kecil adalah :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{m \cdot g / l}}$$

atau $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

Perhatikan bahwa periode ini tidak bergantung kepada masa partikel yang digantungkan.

Jika amplitudo osilasinya tidak kecil, dapat ditunjukkan bahwa persamaan umum untuk periodenya adalah :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left(1 + \frac{1}{2^2} \sin^2 \frac{\theta_m}{2} + \frac{1}{2^2} \frac{3^2}{4^4} \sin^4 \frac{\theta_m}{2} + \dots \right)$$

dimana θ_m adalah pergeseran maksimum. Karena periode bandul matematis ini praktis tidak tergantung amplitudo, maka bandul ini sangat bermanfaat untuk penjaga waktu.

Walaupun gaya redaman mengurangi amplitudo ayunan, periodenya dapat dikatakan hampir tidak berubah.

Aplikasi Induksi elektromagnetik

Karya-karya Faraday mengenai induksi elektromagnetik pada tahun 1831 membuat perkembangan atau rangsangan baru diseluruh dunia untuk membuat kemungkinan penggunaan penemuan dalam praktisnya.

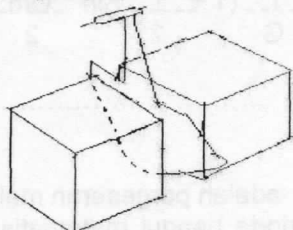
Jika sesuatu dilakukan untuk menyebabkan perubahan didalam arus magnetic melalui sebuah logam yang berinduksi disebut arus eddy atau arus pusar dan akan berputar didalamnya.

Perubahan flux mungkin disebabkan baik oleh logam didalam suatu medan magnit yang konstan atau dapat juga oleh logam yang merubah medan magnit.

Von Waltenhofen menunjukkan bagaimana mendemonstrasikan efek dari arus pusar yang di induksikan dalam sepotong tembaga yang bergerak dalam medan magnit. Peralatan dari Waltenhofen terdiri dari sebuah ayunan yang mempunyai garis-garis kurva yang satu berbentuk pejal dan bagian bawahnya berbentuk sisir dan terbuat dari logam, yang diatur sedemikian rupa supaya tergantung diatas kutub-kutub elektromagnetik.

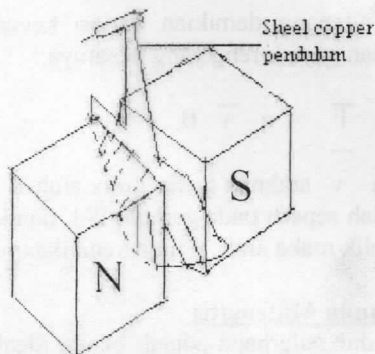
Selama arus magnetic tidak mengalir melalui logam maka ayunan berayun dengan bebas, tetapi segera setelah elektromagnetik dihidupkan maka osilasi ayunan akan berhenti setelah beberapa saat.

Hal ini barang kali perlu dijelaskan sebagai berikut, ketika pendulum berayun kekiri dan kekanan atau dapat dikatakan juga maju mundur, dia memotong arus elektromagnetik dan karena itu e.m.f (elektro motor force), diinduksikan didalamnya. Sebagai mana yang ditunjukkan pada gambar(2.6)dibawahini:



Gambar 2-6. Arus eddy menimbulkan redaman terhadap pendulum

Sebagaimana juga yang diperlihatkan pada gambar (2-7) dibawah ini :



Gambar 2-7. Celah mengurangi redaman oleh arus eddy

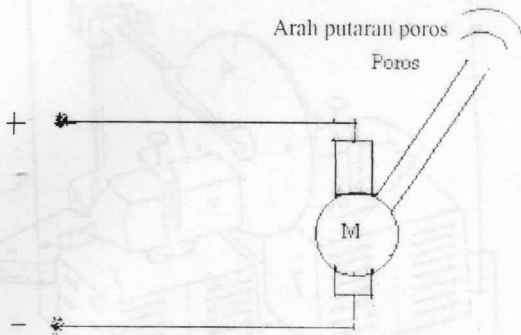
Elektro motor force yang ditimbulkan ini membutuhkan arus pusar (eddy) didalam logam, yaitu berlawanan dengan gerak dari pendulum.

Jika pendulum ini digantikan dengan benda yang sama akan tetapi mempunyai celah (berbentuk sisir) maka osilasi bertambah lama.

Apakah Medan magnit ada atau tidak dalam keadaan tersebut diatas, maka dalam hal ini walaupun sebuah e.m.f masih berinduksi didalam logam arus eddy tidak dapat mengalir melalui celah.

Sistem Pengereman Motor Listrik.

Sistem pengereman motor listrik dapat lihat seperti pada gambar diatas. Bila pada kumparan hubungan polaritas seperti pada gambar (a) putaran poros searah jarum jam, maka bila arah polaritas medan eksitasi motor dibalik, maka arah putaran motor menjadi kebalikan dari semula yaitu berlawanan dengan arah putaran jarum jam sekaligus mengerem gerakan dari motor listrik. Sebagaimana yang ditunjukkan gambar (2.8) dibawah ini :



hubungan polaritas seperti pada gambar (a) putaran poros searah jarum jam, maka bila arah polaritas medan eksitasi motor dibalik, maka arah putaran motor menjadi kebalikan dari semula yaitu berlawanan dengan arah putaran jarum jam sekaligus mengerem gerakan dari motor listrik.

PEMBAHASAN

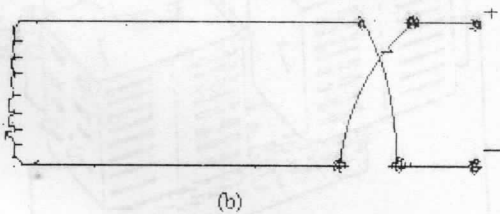
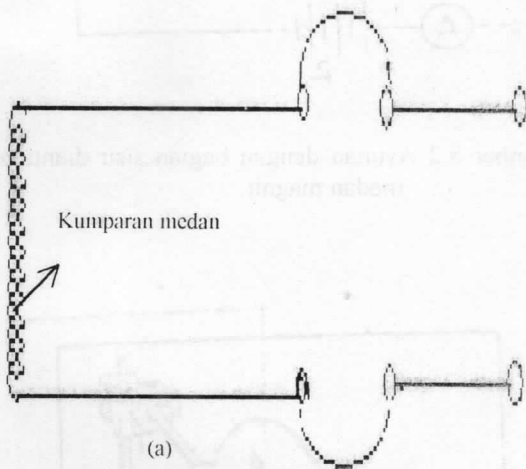
Variabel-variabel yang diukur adalah :

- Waktu ayunan sampai berhenti (detik)
- Kuat arus listrik (ampere)
- Tegangan listrik (volt)
- Jarak kedua kutub magnet (cm)
- Bentuk - bentuk benda

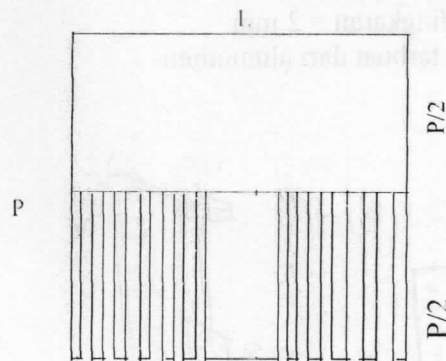
Sebelum penelitian dilakukan tentu ada beberapa dugaan sementara (hipotesa), dugaan ini akan mendorong tercapainya suatu hasil penelitian yang baik.

Dalam penelitian ini diduga bahwa lamanya waktu gerakan (ayunan) akan semakin singkat atau sedikit bila medan magnet yang dipakai semakin besar dan bentuk benda yang berongga juga akan menyebabkan lamanya waktu berayun akan semakin bertambah.

Untuk pengambilan data dilakukan pengukuran dengan membuat rangkaian sebagai mana yang ditunjukkan pada gambar (2.9) dibawah ini :



Sistem pengereman motor listrik dapat lihat seperti pada gambar diatas. Bila pada kumparan



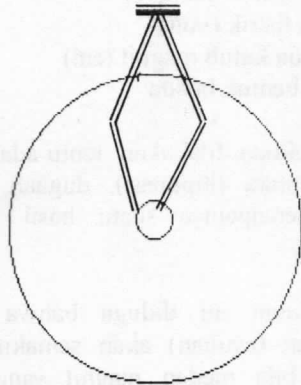
Gambar 2.9. Ukuran bandul von waltenhofen yang dipakai.

Ukuran bandul (ayunan) yang dipakai adalah sebagai :

- Panjang, P = 10 cm
- Lebar, l = 7 cm
- Tebal, t = 2 mm

Jumlah sisir (sirip) = 16 buah

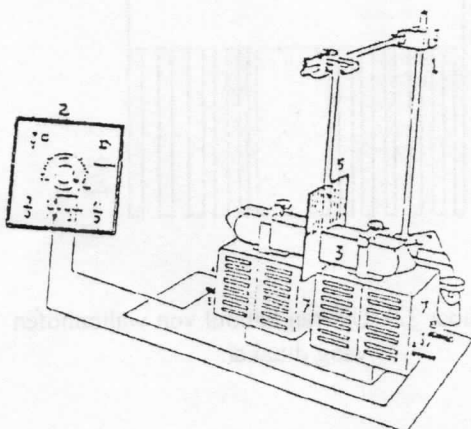
Bahan terbuat dari aluminium, sebagai mana yang diperlihatkan pada gambar (30,31,32,33) dibawah ini :



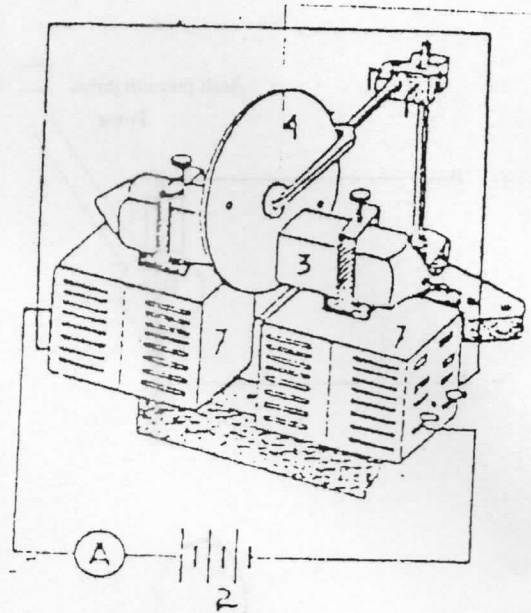
Gambar 30. Ukuran piringan logam yang Dipakai.

Ukuran piringan yang dipakai adalah sebagai berikut :

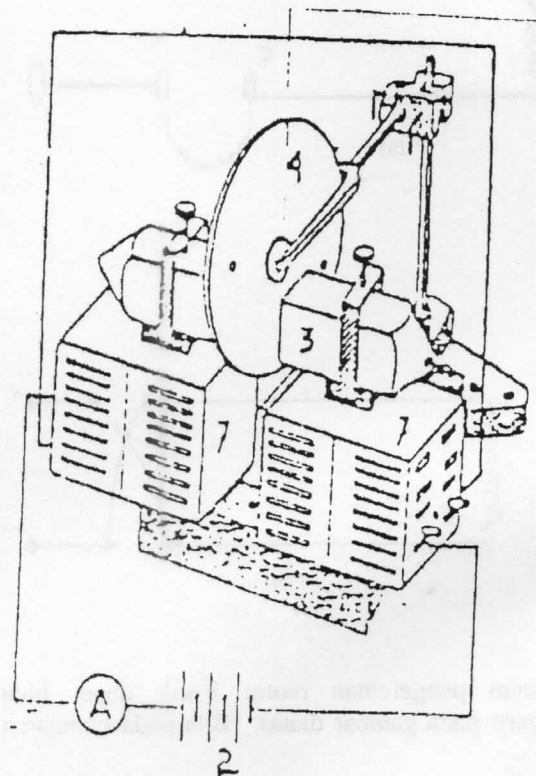
- Diameter = 15 cm
- Tebal lingkaran = 2 mm
- Bahan terbuat dari aluminium.



Gambar 3.1 Ayunan dengan bagian pejal diantara medan magnet.



Gambar 3.2 Ayunan dengan bagian sisir diantara medan magnet.



Gambar 3.3 Piringan logam berputar diantara medan magnet.

Teknik analisa data dilakukan dengan metode statistik Uji t, yaitu membedakan ua buah mean, statistik uji t dapat dihitung sebagai berikut :

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{X_1 - X_2}}$$

di mana,

$$S_{X_1 - X_2} = \sqrt{\frac{SS_1 + SS_2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$SS_1 = \sum X_1^2 - \frac{(\sum X_1)^2}{n_1}$$

$$SS_2 = \sum X_2^2 - \frac{(\sum X_2)^2}{n_2}$$

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum X_1}{n_1}$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\sum X_2}{n_2}$$

Keterangan :

- SS₁ adalah sumquare dari data 1
- SS₂ adalah sumquare dari data 2
- n₁ adalah jumlah data 1
- n₂ adalah jumlah data 2
- S_{X₁ - X₂} adalah standar error dari beda
- \bar{X}_1 adalah rata-rata dari data 1
- \bar{X}_2 adalah rata-rata dari data 2

Data Hasil Pengukuran

Tabel (1) menunjukkan Data hasil pengukuran 1 ayunan Von Walten Hofen dengan bagian pejal diantara kutub magnet.

V(volt)	Waktu sampai berhenti(detik)					t _{rata} ²
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	
0	∞	∞	∞	∞	∞	∞
2	35,0	35,3	35,2	35,0	35,0	35,1
4	26,1	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0
6	17,6	17,5	17,4	17,4	17,5	17,5
8	11,2	11,4	11,3	11,3	11,2	11,3
10	7,0	7,1	7,0	7,0	7,0	7,0
12	5,1	4,8	5,2	5,2	5,2	5,1
14	3,5	3,5	3,6	3,5	3,4	3,5
16	2,6	2,4	2,5	2,5	2,3	2,5
18	1,6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
20	1,5	1,3	1,3	1,4	1,5	1,4
22	1,1	0,9	0,8	1,1	1,1	1,0
24	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
25	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5

Tabel 2. Data hasil pengukuran II ayunan Von Waltenhofen dengan bagian bersirip diantara kutub magnet.

V(volt)	Waktu sampai berhenti					t _{rata} ²
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	
0	∞	∞	∞	∞	∞	∞
2	24,1	24,3	24,3	24,2	24,2	23,6
4	17,4	17,4	17,6	17,6	17,6	17,5
6	12,9	12,9	13,0	13,2	13,1	13,0
8	10,0	10,1	10,1	10,2	10,1	10,1
10	7,2	6,9	6,9	7,1	7,2	7,1
12	5,5	5,5	5,6	5,4	5,5	5,5
14	4,0	3,8	3,9	3,7	3,7	3,8
16	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,9
18	2,6	2,5	2,5	2,6	2,4	2,5
20	0,9	0,9	1,2	1,1	1,0	1,0
22	0,6	0,8	0,9	0,7	0,8	0,8
24	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5
25	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,3

Tabel 3. Data hasil pengukuran percobaan III piringan logam berputar diantara kutub magnet.

V(volt)	Waktu sampai berhenti					
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_{rata}^2
0	∞	∞	∞	∞	∞	∞
2	24,1	24,3	24,3	24,2	24,2	23,6
4	17,4	17,4	17,6	17,6	17,6	17,5
6	12,9	12,9	13,0	13,2	13,1	13,0
8	10,0	10,1	10,1	10,2	10,1	10,1
10	7,2	6,9	6,9	7,1	7,2	7,1
12	5,5	5,5	5,6	5,4	5,5	5,5
14	4,0	3,8	3,9	3,7	3,7	3,8
16	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,9
18	2,6	2,5	2,5	2,6	2,4	2,5
20	0,9	0,9	1,2	1,1	1,0	1,0
22	0,6	0,8	0,9	0,7	0,8	0,8
24	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5
25	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,3

Dari data-data hasil pengukuran di laboratorium menunjukkan bahwa secara umum untuk ketiga bentuk benda yaitu ayunan Von Walten hofen bagian pejal, bagian bersisip dan logam berputar waktu untuk berhenti semakin singkat bila tegangan semakin besar.

Untuk ayunan dengan bagian pejal yang berayun diperoleh waktu untuk berhenti berayun rata-rata 0,5 detik pada tegangan 25 volt. Sedangkan untuk bagian bersisip yang berayun diperoleh waktu untuk berhenti berayun adalah 7,0 detik rata-rata untuk tegangan yang sama, demikian juga untuk piringan logam berputar waktu berhenti rata-rata adalah 0,3 detik dengan tegangan 25 volt.

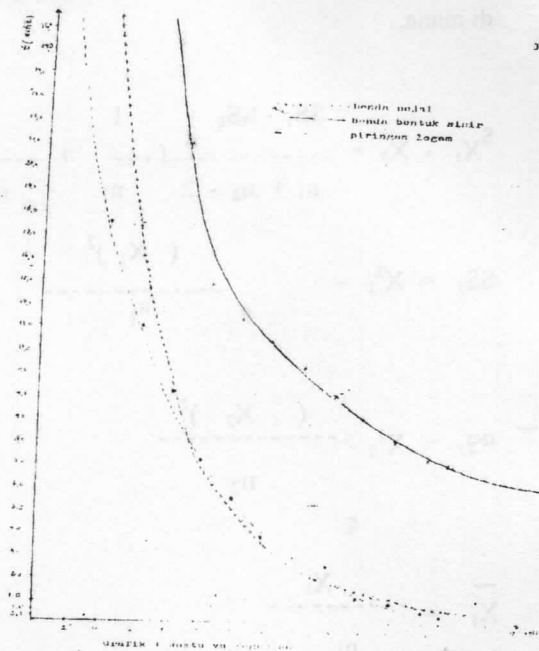
Jadi jelas terlihat bahwa dari ketiga ayunan diatas ayunan dengan bagian pejal mempunyai waktu ayun rata-rata lebih besar dari waktu ayun rata-rata dari bagian bersisip dan lebih kecil dari waktu ayun rata-rata dari piringan logam berputar.

Hal ini mungkin terjadi karena redaman medan magnet terhadap ayunan yang pejal lebih besar dibandingkan dengan redaman medan magnet terhadap bagian yang bersisip. Demikian pula redaman medan magnet terhadap piringan logam pejal yang berputar lebih besar

bila dibandingkan dengan kedua bentuk ayunan diatas.

Pengaruh medan magnet atau redaman medan magnet terhadap ketiga bentuk ayunan diatas dapat juga dilihat dengan membuat grafik tegangan terhadap waktu ayunan.

Grafik tegangan terhadap waktu ayunan ketiga ayunan diatas adalah berbentuk eksponensial, sebagaimana yang diperlihatkan pada Grafik (1) dibawah ini



Untuk uji statistik maka untuk masing-masing data sample dari ketiga ayunan diatas dihitung dengan membuat worksheet, sebagai mana yang diperlihatkan pada Grafik (1) dibawah ini :

KESIMPULAN

1. Untuk setiap ayunan baik ayunan von waltenhofen maupun piringan logam berputar, berhenti dengan waktu tidak terhingga pada saat medan magnet sama dengan nol.
2. Pada penelitian ini besar medan magnet tidak dihitung langsung, akan tetapi dengan merubah besar tegangan, besar arus akan berubah, hal ini berarti merubah besar medan magnet yang bekerja.
3. Grafik antara waktu dan tegangan untuk setiap ayunan adalah berbentuk eksponensial.

4. Dari data yang ada dapat dilihat bahwa untuk ketiga ayunan, ayunan piringan logam berputar adalah mempunyai waktu yang paling singkat untuk medan magnet yang sama.
5. Untuk ayunan von walten hofen ada perbedaan pengaruh medan magnet terhadap waktu berhenti dengan kuat medan yang sama. Waktu untuk bagian pejal lebih singkat dibanding bagian sisir.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chester L Dawes, SB,A.M, Dr.Eng. *Electrical Engineering*, Fourth edition, International Student edition, Cambridge Mass November 1951.
2. Halliday & Resnack (Pantur Silaban Ph.D & Drs. Erwin Sucipto), *Fisika*, Edisi ke 3 jilid I, Erlangga, Jakarta, 1978.
3. Bresnick Stephen, MD. *Intisari Fisika*, Hipokrater, Jakarta, 2002.
4. Alonso Marcelo & J. Finn Edward, *Dasar – dasar Fisika Universitas Medan dan Gelombang*, Edisi kedua, Erlangga, 1992.