

Alat Peraga Efek Arus Eddy Dengan Menggunakan Piringan Magnet Berputar

Djoko Untoro Suwarno

Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Sanata Dharma
Kampus Paingan, Maguwoharjo, Sleman, Indonesia
Joko_unt@usd.ac.id

Abstrak

Arus eddy merupakan fenomena yang terjadi pada medan magnet yang menembus suatu konduktor dan menimbulkan arus pusaran (arus eddy). Fenomena arus eddy antara lain berupa perlambatan saat suatu magnet dijatuhkan melalui pipa tembaga, adanya tolakan pada batang aluminium dan sebagainya. Mahasiswa sering kali kesulitan untuk mengamati dan memahami efek arus eddy. Pada makalah ini akan dibahas tentang peralatan untuk peraga efek arus eddy. Peralatan ini menggunakan magnet yang dipasang pada keping CD dan diputar menggunakan motor pemutar CD. Fenomena yang diperagakan atau ditunjukkan antara lain adanya gaya tolakan pada uang logam, pembangkitan listrik akibat perubahan medan magnet, perlambatan dan pengereman putaran motor CD. Melalui alat peraga ini mahasiswa lebih mudah memahami fenomena arus eddy maupun dapat mengetahui aplikasi dari arus eddy.

Kata kunci : arus eddy, arus pusaran, alat peraga, piringan magnet

PENDAHULUAN

Listrik magnet merupakan salah satu materi dalam bidang fisika. Salah satu topik dalam listrik magnet yaitu adanya fenomena arus eddy. Arus eddy terjadi apabila ada medan magnet yang berubah dan menembus bidang konduktor. Pemahaman ini sering kali tidak mudah dimengerti bila hanya diberikan secara teoritis saja. Siswa atau mahasiswa akan lebih memahami bila dalam pembelajaran diberikan demo melalui suatu alat peraga. Alat peraga tentang arus eddy yang banyak diberikan antara lain magnet yang kuat (terbuat dari bahan neodmium) dijatuhkan pada pipa konduktor (contoh pipa tembaga). Magnet akan mengalami perlambatan saat jatuh melalui pipa sedangkan benda-benda yang lain yang bukan magnetis akan mengalami jatuh tanpa perlambatan.

Arus eddy yang sering didemonstrasikan antara lain [1],[2]

- **Magnet dan pipa tembaga.** Magnet yang dijatuhkan pada pipa tembaga akan mengalami perlambatan. Sebagai perbandingan magnet digantikan dengan material yang lain yang bukan magnet dan diukur waktu jatuhnya.
- **Pendulum plat aluminium dan Magnet.** Pendulum yang digunakan berupa plat aluminium dengan berbagai bentuk. Bentuk pertama berupa plat aluminium yang utuh, bentuk kedua berupa plat aluminium yang diberi banyak lubang. Bentuk yang ketiga berbentuk seperti sisir.
- **Blok aluminium dengan magnet.** Blok aluminium akan mengalami tarik bila magnet digerakkan di atas blok aluminium.

Menurut hukum Faraday [3], tegangan induksi terjadi pada kumparan yang mengalami perubahan fluks magnetik. Tegangan induksi pada rangkaian tertutup akan menjadi arus elektrik. Arus melingkar akibat adanya

perubahan fluks magnetik dinamakan arus eddy atau arus pusaran. Arus eddy merupakan arus elektrik akibat adanya medan magnet yang menembus permukaan konduktor.

Pada makalah ini akan dibahas tentang alat peraga fenomena arus eddy dengan menggunakan piringan CD yang diberi magnet dan diputar.

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Hukum Faraday tentang tegangan induksi yaitu tegangan induksi terjadi pada kumparan yang mengalami perubahan flux magnetik seperti dinyatakan pada persamaan (1) berikut ini

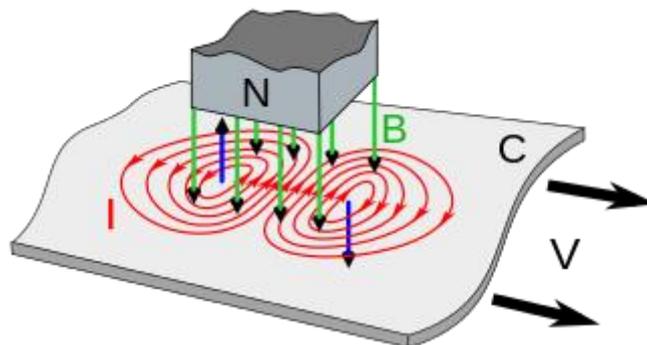
$$emf = -N \frac{d\Phi}{dt} \tag{1}$$

Dengan N merupakan banyaknya belitan (turn) pada koil,
 $\frac{d\Phi}{dt}$ merupakan perubahan fluks magnetik

Tanda (-) pada hukum Faraday menunjukkan perbedaan polaritas pada tegangan induksi hal ini menjadi Hukum Lenz

Fenomena arus eddy pertama kali diamati oleh François Arago pada tahun 1824. Pengamatan yang dilakukan dinamakan magnet berputar dan kebanyakan material konduktor menjadi termagnetisasi dan dijelaskan secara lengkap oleh Faraday. Tahun 1834 Heinrich Lenz menjelaskan arah arus induksi berkebalikan dengan arah arus yang timbul dari perubahan medan magnet. Tahun 1855 Léon Foucault mengungkapkan adanya arus eddy. Foucault menemukan gaya yang diperlukan untuk memutar piringan tembaga lebih besar bila piringan tembaga tersebut berada pada pengaruh kutub magnet. Arus eddy menyebabkan logam menjadi panas. Dabid E Hughes tahun 1879 menggunakan arus eddy untuk pengujian yang tidak merusak.

Arus eddy pada konduktor akibat adanya perubahan medan magnet ditunjukkan pada Gambar 1

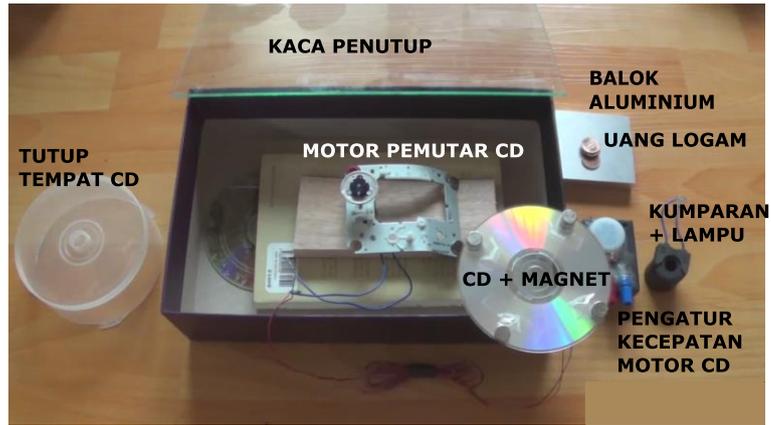


Gambar 1. Arah arus eddy pada konduktor akibat adanya perubahan medan magnet

Arah arus eddy melingkar terhadap medan magnet yang tegak lurus pada bidang konduktor. Arus eddy timbul bila konduktor mengalami pergerakan dengan arah v . Arah medan magnet yang terjadi berlawanan dengan arah medan magnet yang menyebabkannya.

METODE PENELITIAN

Alat peraga fenomena arus eddy terdiri atas motor penggerak CDRM, piringan CD yang diberi magnet, kaca penutup, uang logam, kumparan + lampu, balok aluminium dan tutup tempat CD seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alat peraga fenomena arus eddy

Percobaan 1. Uang logam akan mengalami tolakan pada daerah lintasan magnet yang berputar seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Percobaan pertama motor CDROM diaktifkan dan diberi penutup kaca dan uang logam diletakkan pada lintasan magnet yang berputar. Uang logam akan mengalami tolakan sehingga terlempar dari jalur lintasan magnet yang berputar.



Gambar 3. (a) uang logam ditempatkan di atas kaca pada lintasan magnet (b) uang logam terlempar dengan arah tangensial

Percobaan 2. Uang logam akan berputar pada lintasan magnet yang berputar

Percobaan kedua yaitu uang logam dilingkupi dengan tutup tempat CD, dan motor CDROM dihidupkan. Uang logam akan mengalami pergerakan mengelilingi bagian dalam dari tutup tempat CD.



Gambar 4. Uang logam bergerak mengelilingi bagian dalam dari tempat tutup CD

Percobaan 3. Kumparan + Lampu diletakkan pada lintasan magnet yang berputar seperti ditunjukkan pada Gambar 5



Gambar 5. Lampu yang terhubung pada koil menyala pada lintasan magnet yang berputar

Lampu akan menyala saat berada pada lintasan magnet yang berputar.

Percobaan 4. Perlambatan dan pengeraman putaran magnet CD menggunakan blok aluminium seperti terlihat pada Gambar 6



Gambar 6. (a) putaran CD tanpa redaman. (b) (c) putaran CD mulai teredam

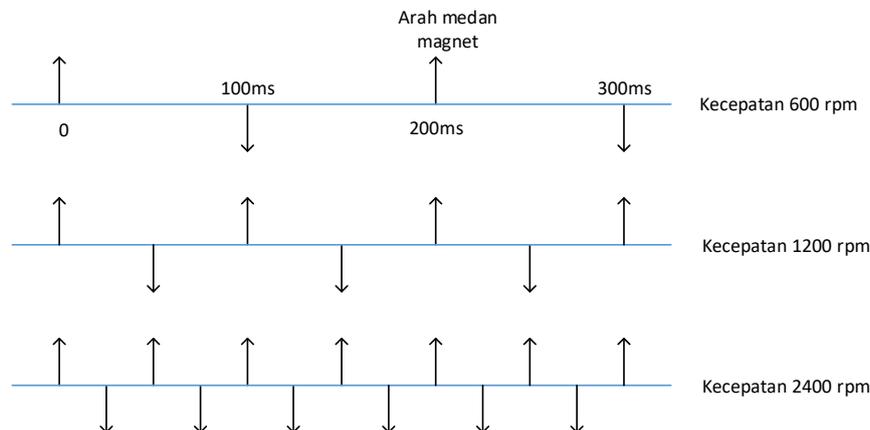
Pengeraman piringan CD tanpa diberi catu menggunakan balok aluminium seperti terlihat pada Gambar 7



Gambar 7. Piringan CD mengalami pengereman

HASIL DAN PEMBAHASAN

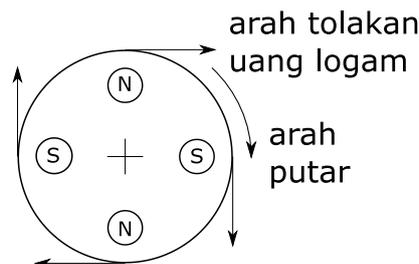
Motor CDROM yang digunakan sebagai penggerak CDROM dengan 20x (kecepatan transfer) memiliki karakteristik kecepatan 4000 rpm dengan tegangan masukan 5V. CDROM 52x memiliki kecepatan 10400 rpm. Kecepatan putar motor CDROM dapat diubah dengan memberikan tegangan yang variabel. Ilustrasi pengaruh kecepatan putar motor CDROM terhadap perubahan magnet ditunjukkan pada gambar 8. Semakin cepat CDROM berputar mengakibatkan medan magnet menjadi semakin rapat, Pemasangan magnet dengan kutub yang berkebalikan berakibat arah medan magnet berubah polaritasnya. Semakin cepat motor CDROM berputar maka perubahan magnet semakin besar mengakibatkan $d\phi/dt$ besar.



Gambar 8. Pengaruh kecepatan putar motor CDROM dan kerapatan medan magnet yang terjadi

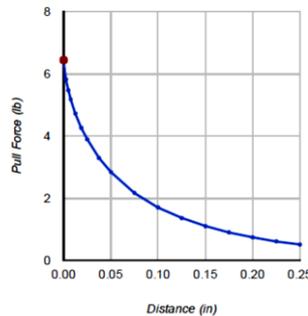
Pembahasan 1: uang logam mengalami tolakan pada lintasan magnet

Uang logam terlempar di atas lintasan magnet yang berputar. Uang logam ada yang terbuat dari aluminium (Al), nikel (Ni), tembaga (Cu) dan perunggu (Bronze). Material tersebut termasuk logam konduktor, dan memiliki sifat magnetik yang lemah. Tidak dapat ditarik atau ditolak oleh secara langsung oleh magnet. Saat koin berada pada lintasan medan magnet dan mengalami perubahan medan magnet, akan menyebabkan terjadi arus eddy pada uang logam. Arus eddy menyebabkan terjadi medan magnet berlawanan terhadap magnet penyebabnya dan berakibat akan terjadi tolakan. Arah tolakan tegak lurus terhadap jari-jari putaran (arah tangensial) seperti terlihat pada Gambar 99.



Gambar 9. Arah tolakan uang logam

Hubungan antara jarak magnet dengan gaya tolak yang terjadi pada uang logam ditunjukkan pada gambar 10. Grafik diambil melalui perhitungan gaya tolak pada magnet [5]. Pada jarak sekitar 6mm, gaya yang terjadi 0,25 kg. Pada jarak yang sangat dekat atau menempel pada magnet gaya tolak yang terjadi sekitar 3kg. Magnet yang digunakan dengan grade N35, Residual Flux Density (Br) : 11.7-12.1 KGs.



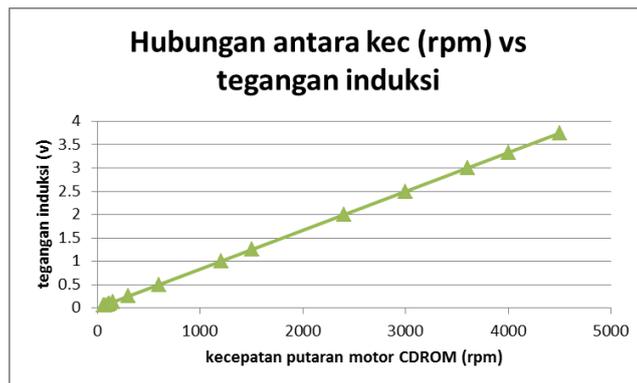
Gambar 10. Hubungan antara jarak magnet dengan gaya tolak [5]

Pembahasan 2 : uang logam berputar mengelilingi wadah

Uang logam yang terlempar dibatasi oleh wadah sehingga uang logam akan bergerak berputar mengelilingi wadah. Uang logam terinduksi oleh medan magnet yang berputar. Dengan adanya batas berupa tutup tempat CD uang logam tidak bisa terlempar keluar dari batas. Uang logam mengikuti pergerakan magnet, hal ini merupakan prinsip kerja dari motor induksi. Pada motor induksi rotor terdiri dari bahan aluminium, sedangkan medan magnet berasal dari kumparan.

Pembahasan 3 : lampu menyala melalui koil di atas medan magnet

Lampu menyala melalui koil yang berada di atas medan magnet. Magnet yang dipasang dengan kutub magnet yang saling berlawanan akan menyebabkan perubahan medan magnet yang besar. (Hukum Faraday tentang tegangan induksi). Semakin cepat piringan magnet berputar maka perubahan medan magnet semakin cepat dan menyebabkan tegangan induksi semakin besar. Tegangan yang dihasilkan dari koil berupa tegangan AC. Fenomena lampu menyala melalui koil yang berada pada lintasan magnet yang berputar juga merupakan prinsip pengisian handphone tanpa melalui kabel dan hp cukup diletakkan pada sumber energi. Besarnya tegangan induksi yang terjadi mengikuti persamaan (1). Tegangan induksi tergantung cacah putaran koil N dan perubahan fluks magnetic $d\phi/dt$. Perubahan fluks magnetic tergantung kecepatan putar motor CDROM, semakin cepat putaran motor CDROM semakin besar fluks magnetic yang terjadi. Tegangan induksi akibat putaran motor ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Hubungan antara kecepatan putaran motor CDROM (rpm) vs tegangan induksi

Pembahasan 4. Perlambatan akibat adanya balok aluminium

Perlambatan akibat adanya balok aluminium yang berada di dekat piringan magnet yang berputar. Piringan magnet yang berputar akan menyebabkan terjadinya medan magnet yang berubah. Bila terdapat bahan konduktor yang ditembus oleh medan magnet akan menyebabkan terjadinya arus eddy. Arus eddy ini akan menimbulkan medan magnet yang berlawanan dengan medan magnet yang menyebabkan (hukum Lenz) maka akan mengakibatkan terjadinya perlambatan. Berbeda dengan uang logam yang mudah bergerak sehingga tidak menyebabkan terjadinya perlambatan, balok aluminium yang cukup berat tidak mudah dipindahkan oleh medan magnet. Prinsip pengereman dengan menggunakan arus eddy dijumpai pada kendaraan dengan kecepatan tinggi

seperti pada permainan roller coaster atau pada kereta api. Pengereman dengan menggunakan arus eddy tidak mengalami gesekan.

Pengereman pada piringan magnet yang berputar yang tidak diberi catu. Saat motor penggerak CD tidak diberi tegangan, maka piringan CD memerlukan waktu untuk berhenti secara alami. Magnet yang terpasang pada CD berakibat inersia piringan yang semakin besar dan berakibat adanya kelembaman. Dengan adanya balok aluminium akan terjadi pengereman dengan cepat.

Masih ada prinsip arus eddy yang lain yaitu pemanasan logam akibat adanya arus eddy, pengujian material tanpa merusak (*Non Destructive Test*). Pemanasan logam akibat arus eddy bisa dilakukan dengan menempatkan pipa tembaga diatas lintasan magnet. Pipa tembaga akan mengalami perubahan medan magnet dan menimbulkan arus eddy. Arus eddy yang terjadi akan diubah menjadi panas sesuai dengan persamaan $P = I^2R$. Ini merupakan prinsip pemanas air tanpa menggunakan api. Untuk penerapan dalam NTD diperlukan rangkaian elektronis berupa pembangkit frekuensi tinggi dan penerima sinyal berupa koil. Untuk alat peraga ini tidak untuk menunjukkan penggunaan sebagai NDT.

KESIMPULAN

Melalui alat peraga arus eddy dapat diperlihatkan

1. Uang logam yang terbuat dari bahan aluminium atau tembaga akan mengalami tolakan akibat adanya medan magnet yang berputar.
2. Uang logam yang berada pada tempat terbatas (dibatasi oleh tutup tempat CD) akan mengalami putaran mengelilingi wadah tersebut. Hal ini merupakan prinsip dari motor induksi.
3. Kumputan dengan lampu yang terpasang akan menyala pada lintasan magnet yang berputar. Hal ini merupakan prinsip generator elektrik, hukum Faraday tentang induksi.
4. Piringan magnet akan mengalami perlambatan putaran saat balok aluminium berada di atas lintasan magnet (efek pengereman)
5. Saat piringan magnet tidak diberi catu daya akan mengalami penurunan kecepatan dan bila ada balok aluminium berada pada lintasan magnet maka piringan magnet akan mengalami pengereman secara cepat

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas prodi TE-USD atas dukungan finansial pada penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada Sdr. Arif atas diskusinya yang bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

1. J P Siviter, 1992, *Eddy current demonstration*, Phys. Educ. 27 230, IOP science
2. Hajdusianek Anna, 2011, *Eddy Current Demonstrations for Children*, Physics teachers' inventions fair 16,
3. R.A. Serway , J. W. Jewett, 2003, *Physics for Scientist and Engineer 6th ed.*, McGrawHill,
4. Kenneth D. Hahn, Erik M. Johnson, Allen Brokken, and Steven Baldwin, 1998, *Eddy current damping of a magnet moving through a pipe*, Citation: Am. J. Phys. 66, 1066 ; Published by the American Association of Physics Teachers
5. <https://www.kjmagnetics.com> diakses tanggal 16 Nov 2016 pukul 20.45