Jurnal Sains Materi Indonesia
Indonesian Journal of Materials Science

Edisi Khusus Oktober 2007, hal : 202 - 206
ISSN : 1411-1098

Akreditasi LIPI Nomor : 536/D/2007
Tanggal 26 Juni 2007

PERANCANGAN SISTEM ALAT PENAMPIL KURVA HISTERESIS TERKOMPUTERISASI DENGAN BANTUAN *ZELSCOPE* 1.0

M. Safrudin dan Moh. Toifur
Jurusan Fisika, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
Jl. Kapas 9, Semaki, Yogyakarta 55166

ABSTRAK

PERANCANGAN SISTEM ALAT PENAMPIL KURVA HISTERESIS TERKOMPUTERISASI DENGAN BANTUAN *ZELSCOPE* 1.0. Telah dibuat sistem perangkat keras dan perangkat lunak untuk memvisualisasi kurva histeresis pelat besi secara terkomputerisasi. Sistem terbagi atas dua sistem utama yaitu sistem perangkat keras dan sistem perangkat lunak. Sistem perangkat keras dibagi menjadi empat bagian, yaitu: solenoida sebagai sensor induksi untuk bahan uji, rangkaian penguat tegangan keluaran dan pengondisi sinyal dari sensor induksi, *Sound Generator* sebagai sumber frekuensi yang diambil dari panel volume PC *sound card*, dan *Personal Computer* (*PC*) sebagai tempat program kontrol kendali, penampil bentuk kurva, dan penyimpan data. Untuk sistem perangkat lunak digunakan program aplikasi *Zelscope* versi 1.0 sebagai program kendali osiloskop *PC*, *Sound Gen* sebagai program kendali frekuensi dari *PC Soundcard* dan *Microsoft Excel* sebagai program analisis data hasil pencuplikan dari *zelscope*. Sebagai bahan uji digunakan lempeng besi setebal 0,98 mm; panjang 9,6 cm; kedalaman bahan yang masuk koil 2,0 cm. Dari pengujian bahan diperoleh nisbah V_{B_r} sebelum dan sesudah dimasukkan bahan uji sebesar 0,14 sedangkan untuk V_{H_c} diperoleh nisbah 0,08. Dengan unjuk kerja seperti ini maka alat telah dapat digunakan sebagai pengkarakterisasi sifat magnet bahan.

Kata kunci : Kurva histeresis, PC *sound card*, *Sound gen*, *Zelscope* 1.0

ABSTRACT

DESIGNING A COMPUTERIZED HYSTERESIS CURVE DISPLAYER SYSTEM ASSISTED WITH ZELSCOPE 1.0. Hardware and software system for visualizing computerized hysteresis loop of iron plate sample had been assembled. The equipment includes two main systems, hardware and software. Hardware constitute of 4 components: solenoid as inducing sensor for testing material, output voltage amplifier circuit and signal conditioning circuit from inducing sensor, Sound Generator as frequency source taken from panel volume of PC sound card, and Personal computer (PC) as program controller, display the curve and data storage. Zelscope 1.0 is used as controller program for PC oscilloscope, SoundGen as program for controlling PC soundcard frequency, and Microsoft Excell as data analyzer acquisisted from zelscope. Iron plate of 0.98 mm thick, 9.6 cm length, is used as testing material. The inserting plate in coil is 2.0 cm. The test result show that the difference of V_{B_r}, after and before inserting the iron plate is 0.14, while for V_{H_c}, the difference is 0.08. With this performance, it is concluded that the designed equipment has the ability to display the hysteresis loop of ferromagnetic material.

Key words : Hysteresis loop, PC sound card, Sound gen, Zelscope 1.0

PENDAHULUAN

Salah satu cara untuk mengetahui karakteristik bahan magnet adalah mengamati profil kurva histeresisnya. Kurva histeresis merupakan kurva yang terbentuk pada layar penampil akibat gejala penyearahan spin-spin magnet yang terdapat dalam bahan-bahan feromagnetik. Gejala ini pertama kali dikemukakan oleh Steinmetz pada tahun 1892. Steintmetz mengemukakan hubungan antara harga tertinggi induksi medan magnet berubah-ubah terhadap rugi tenaga dalam bahan dan frekuensi medan magnet yang diinduksikan [1].

Pada Seminar Nasional Bahan Magnet IV telah dimuat artikel mengenai prototipe rangkaian penampil kurva histeresis [2]. Pada alat tersebut digunakan osiloskop sebagai media penampil kurva histeresis. Alat tersebut memiliki kelemahan yaitu tidak dapat memberikan rekaman data tegangan induksi V_B dan tegangan pemagnetisasi V_H sehingga nilai V_B dan V_H

harus dibaca secara manual melalui layar *CRO* atau dengan angka individu (non serial) yang ditunjukkan oleh *DSO* (*Digital Storage Oscilloscope*). Selain itu bahan yang digunakan masih berupa inti besi berdiameter 1,29 cm dan panjang yang masuk ke kumparan primer 2,4 cm.

Pada makalah ini akan ditampilkan hasil pembuatan *software* dan *hardware* penampil kurva histeresis untuk mengkarakterisasi bahan magnet. Sebagai pengganti osiloskop digunakan *Zelscope* 1.0 yang programnya dapat di*download* dari internet. Perangkat ini memiliki kemampuan membaca data yang lebih akurat, penyimpanan data yang lebih besar sehingga alat ini dapat dijadikan alternatif untuk keperluan riset pada bahan magnet. Selain itu harga komponen penyusun perangkat ini sangat murah.

TEORI

Kurva Magnetisasi (Kurva *B*-*H*)

Kurva magnetisasi menunjukkan rapat fluks (*B*) yang dihasilkan dari kenaikan intensitas medan magnet (*H*). Kurva magnetisasi dipengaruhi oleh jenis bahan yang dipakai dan tidak bergantung pada dimensi bahan. Dari gambar kurva magnetisasi dapat dilihat nilai permeabilitas, dimana permeabilitas merupakan rasio antara *B* dan *H* ($\mu = B/H$). Pada daerah saturasi (jenuh) kurva tidak linier, kemiringan kurva menjadi lebih landai sehingga permeabilitas menjadi lebih kecil dan reluktansinya membesar [1].

Apabila suatu bahan dalam solenoida adalah feromagnetik, maka dengan menghubungkan arus listrik diperoleh intensitas medan magnet *H* dalam solenoida adalah:

$$H = Ni / L \quad \text{..... (1)}$$

dengan

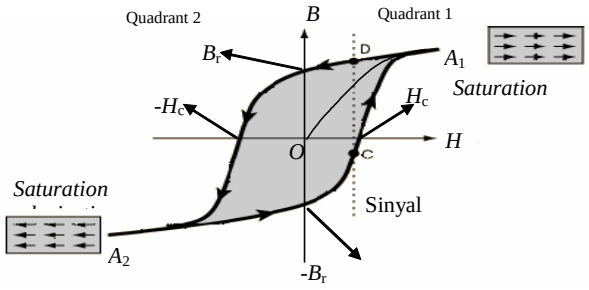
- H = Intensitas medan magnet (*weber*/m atau *ampere*/m)
- N = Jumlah lilitan kawat
- i = Arus listrik (*ampere*)
- L = Panjang rata-rata lintasan solenoida

Bahan feromagnetik memperoleh induksi oleh medan magnet tersebut sebesar :

$$B = \mu H = \mu \frac{Ni}{L} \quad \text{..... (2)}$$

dimana μ adalah permeabilitas bahan. Dari hubungan tersebut, maka kurva *B*-*H* dapat diubah menjadi kurva *B*-*i* karena *H* berbanding lurus dengan *i*.

Diasumsikan bahwa pada awalnya feromagnetik di dalam solenoida tidak memiliki medan magnet yang spontan. Selanjutnya jika pada solenoida dialiri arus *i* (yang berarti memberikan medan *H*) maka medan *B* mulai beranjak naik dari nol. Selanjutnya jika medan *H* dinaikkan terus maka suatu saat *B* tidak akan lagi bertambah. Ini menandakan bahwa proses magnetisasi telah mengalami kejenuhan (lihat kurva OA_1). Selanjutnya jika medan *H* diturunkan sampai nol maka lintasan medan *B* tidak mengikuti kurva semula sehingga pada saat $H = 0$ maka medan induksi *B* tidak sama dengan nol, namun masih ada sisa medan induksi magnet. Nilai ini disebut remanen (B_r) (lihat lintasan A_1DA_2). Untuk mencapai nilai nol dibutuhkan medan negatif dan medan ini disebut dengan koersivitas (H_c) [3]. Jika *B* dan *H* diplot, maka hasil kurva seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

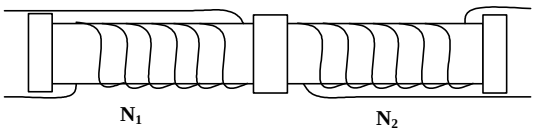


Gambar 1. Kurva B-H pada proses magnetisasi bahan

Loop tertutup $A_1B_rH_cA_2A_1$ disebut simpal *loop* histeresis. Jika arus diubah ke siklus yang lebih kecil, simpal histeresis yang dihasilkan juga akan lebih kecil [4].

Pemagnetan dan Suseptibilitas Magnet

Apabila bahan feromagnet ditempatkan dalam medan magnetik kuat seperti medan magnetik solenoida, medan magnet solenoida tersebut cenderung menyearahkan momen dipol magnetik (permanen atau induksi) di dalam bahan itu [1].



Gambar 2. Desain solenoida primer (N_1) dan sekunder (N_2)

Solenoida pada Gambar 2 berupa kumparan primer yang terdiri dari N_1 lilitan, panjang L_1 dialiri arus sebesar i_1, maka akan terbangkitkan medan magnet dengan kuat medan [2] :

$$H_0 = \frac{N_1 i_1}{L_1} \quad \text{..... (3)}$$

Jika diamati di bagian pinggir solenoida. Induksi magnet yang dibangkitkan adalah:

$$B_0 = \frac{\mu_0 N_1 i_1}{L_1} \quad \text{..... (4)}$$

dengan μ_0 daya tembus magnet (permeabilitas) bahan yang besarnya 4π x 10^{-7} H/m. Jika luas penampang

Edisi Khusus Oktober 2007, hal : 202 - 206
ISSN : 1411-1098

solenoida adalah *A*, maka fluks magnet yang dibangkitkan oleh medan *H* adalah:

$$\Phi_0 = \frac{\mu_0 N_1 i_1}{L_1} A \quad \text{..... (5)}$$

Selanjutnya jika di dalam solenoida ditempatkan bahan yang dimagnetisasi (misalnya inti besi) maka akan timbul induksi magnet sebesar:

$$B = \frac{\mu N_1 i_1}{L_1} \quad \text{..... (6)}$$

dengan μ permeabilitas besi. Fluks magnet yang dibangkitkan menjadi:

$$\Phi = \frac{\mu N_1 i_1}{L_1} A \quad \text{..... (7)}$$

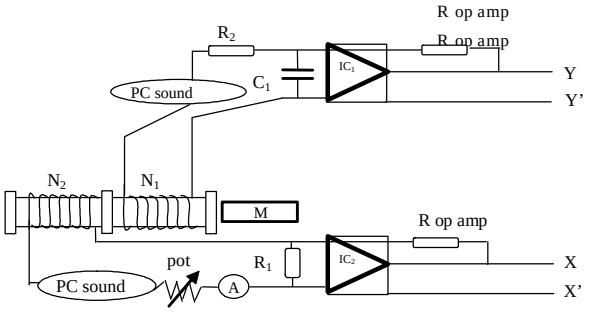
TEKNIK VISUALISASI KURVA HISTERESIS

Sistem alat penampil kurva histresis terkomputerisasi terbagi atas dua sistem utama yaitu sistem perangkat keras (*hardware*) dan sistem perangkat lunak (*software*). Sistem perangkat keras dibagi menjadi lima bagian, yaitu (1) *power supply* 5 *VDC* (1 A), (3) koil solenoida sebagai sensor induksi untuk bahan uji, (2) rangkaian penguat tegangan dan pengondisi sinyal dari sensor induksi, (3) *Sound Generator* sebagai sumber frekuensi yang diambil dari panel *volume PC sound card*, (4) *Personal Computer* (*PC*) sebagai penampil bentuk kurva, dan penyimpanan data.

Sistem perangkat lunak untuk unjuk kerja alat menggunakan program *sound generator* (*Sound Gen*) sebagai program kendali pengaturan frekuensi dan *Zelscope* 1.0 sebagai program kendali *PC* osiloskop. Proses visualisasi kurva pada layar monitor memerlukan suatu rangkaian penguat tegangan dan pengondisi sinyal untuk menguatkan tegangan keluaran dari solenoida yang telah diberikan frekuensi dari sumber frekuensi melalui *PC volume* melalui program aplikasi *Sound Gen*.

Selanjutnya keluaran rangkaian dihubungkan ke panel *speaker mic* pada *PC* yang merupakan input dari program kendali *PC* osiloskop (*Zelscope* 1.0) untuk dapat divisualisasikan pada layar monitor. Gambar 3 adalah rangkaian alat penguat dan pengondisi sinyal sensor induksi. Nilai-nilai komponen pada Gambar 3 adalah C_1= 100 µF/25 V; R_1= 47 Ω; R_2= 47 KΩ; $R_{op\ amp}$= 4,7 KΩ; Potensiometer= 1 MΩ, dan IC_1 dan IC_2= LM 741.

Besarnya medan magnet dalam bahan yang diuji adalah berbanding lurus dengan harga sesaat dari pada arus bolak balik yang mengalir dalam solenoida, dan bila arus bolak balik tersebut berupa sinusoida, maka medan magnet dapat



Gambar 3. Rangkaian penguat dan pengondisi sinyal

dihitung dari jumlah lilitan kumparan dan panjang jalan magnetnya. Tegangan terminal dari kumparan sekunder S, yaitu *V*, berbanding lurus dengan kecepatan fluksi magnet (Π) didalam bahan uji. Elemen-elemen *R* dan *C* dari rangkaian sekunder haruslah dipilih sedemikian rupa sehingga $\omega CR >> 1$ untuk frekuensi dari sumber energi $f = \omega/2\pi$.

Harga perkalian antara *R* dan *C* mempunyai dimensi waktu dan disebut konstanta waktu. Nilai tegangan pada terminal *C* yaitu V_c berbanding lurus dengan Π atau dengan kepadatan fluksi *B*. Dengan menempatkan tegangan *V* berbanding lurus dengan arus magnetisasi i_1 (tegangan yang terjadi melalui R_1) pada sumbu horizontal dari layar monitor dan tegangan V_c kepada sumber vertikalnya, maka kurva histeresis dari solenoida bisa dilihat pada layar monitor [4].

DEMAGNETISASI

Sebelum memulai pengukuran, proses demagnetisasi dilakukan. Terdapat kemungkinan bahwa meskipun tidak dan medan magnet luar, fluksi magnet tertinggal akan terdapat di dalam bahan yang diuji. Proses untuk mencapai demagnetisasi pada penelitian ini adalah dengan cara menutup saklar pada rangkaian kurva histeresis terkomputerisasi dalam kurun waktu 3 menit sehingga diperoleh kepada kondisi $H = 0$ dan $B = 0$.

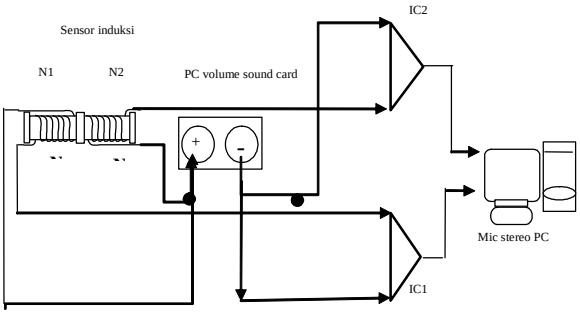
RANCANGAN ALAT

Diagram blok perangkat keras sistem alat rangkaian penampil kurva histeresis ditunjukkan pada Gambar 4. Sistem terdiri dari koil solenoida, *power supply* (5 *VDC*), panel *headphone* sebagai input untuk sumber frekuensi yang dikendalikan oleh program *Sound Gen*, dan panel *volume PC* untuk input osiloskop yang dikendalikan oleh program *Zelscope* 1.0.

Power Supply

Sumber tegangan *DC* yang digunakan pada unjuk kerja sistem diambil dari *power supply PC* pada tegangan 5*VDC* (1A) .

Solenoida



Gambar 4. Diagram blok sistem alat penampil kurva histeresis

Solenoida yang digunakan berbentuk balok dengan bahan dasar mika, dengan spesifikasi sebagaimana pada Tabel 1:

Tabel 1. Spesifikasi kumparan primer (N_1) dan sekunder (N_2)

Jumlah lilitan N_1	1100 lilitan
Jumlah lilitan N_2	1100 lilitan
Diameter kawat	0,18 mm
Diameter selubung	1,5 cm
Tebal selubung	0,15 cm
Panjang selubung	5 cm

Sound Gen

Pengaturan sumber frekuensi dari program *Sound Gen* adalah frekuensi 2692 Hz, tingkat *master volume* 24 dan pengukuran sampel 8000 sampel/s.

Zelscope 1.0

Untuk pengaturan pada program aplikasi *Zelscope* 1.0 sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2**:**

Tabel 2. Kondisi pengaturan *Zelscope* 1.0

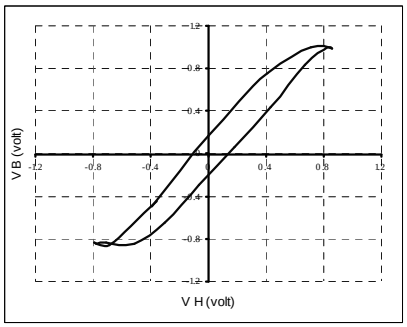
V/D (CH1)	V/D (CH2)	T/D (ms/div)	Trigger delay(ms)
0,396	0,396	0,100	±1

HASIL DAN PEMBAHASAN

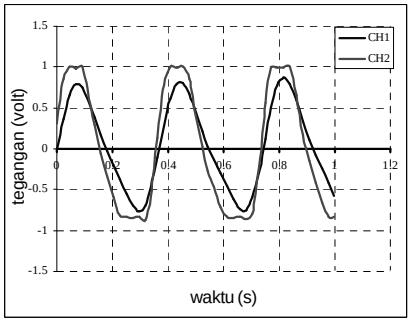
Unjuk Kerja Alat

Pada Gambar 5 ditampilkan hasil gambar kurva histeresis sebelum dimasukkan bahan uji. Data diperoleh dari pencuplikan menggunakan fasilitas *Zelscope* 1.0. Sedangkan pada Gambar 5(b) ditampilkan profil tegangan *input* dan *output*. Jika solenoida diisi dengan plat besi maka profil *loop* histeresis diperlihatkan pada Gambar 6.

Dari Gambar 7 tampak bahwa profil *loop* histeresis untuk koil dengan inti pelat besi lebih besar dibandingkan dengan koil tanpa plat besi. Perbedaan keduanya dapat diidentifikasi secara kuantitratif melalui nilai-nilai V_B dan V_H sebagaimana ditampilkan di bagian bawah.

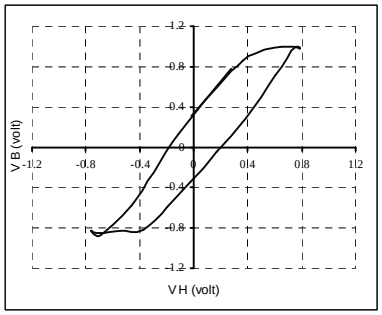


(a)

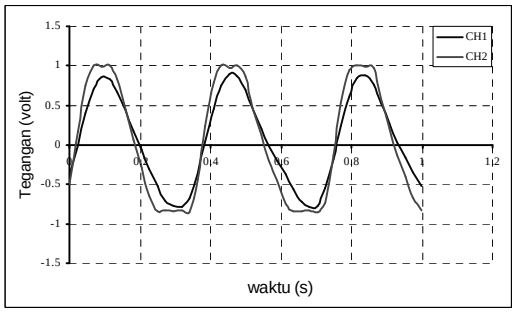


(b)

Gambar 5. Kurva histeresis (a) dan gelombang *AC* pada microsoft excel (b)



(a)



(b)

Gambar 6. Kurva histeresis (a) dan gelombang AC untuk plat besi (b)

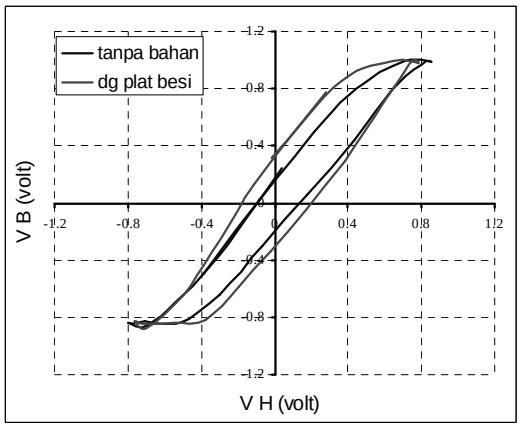
Analisis Data

Dari *setting* peralatan sebagaimana tersebut, maka diperoleh nilai-nilai untuk V_B dan V_H sebagaimana pada Tabel 2.

KESIMPULAN

Dari hasil uji kinerja alat dan analisi data diatas dapat disimpulkan bahwa alat telah mampu menunjukkan

Edisi Khusus Oktober 2007, hal : 202 - 206
ISSN : 1411-1098



Gambar 7. Perbandingan bentuk kurva histeresis antara tanpa bahan dengan pelat besi

Tabel 2. Nilai remanen dan koersifitas sebelum dan setelah dimasukkan pelat besi.

Bahan	V_{Br} (V)	V_{H_c} (V)	ΔV_{Br}	ΔV_{H_c}
Tanpa bahan uji	0,16821	0,130	0,14511	0,080
Plat besi	0,31332	0,210		

perubahan yang cukup signifikan antara sebelum diisi dan setelah diisi bahan uji pelat besi. Hal ini ditandai dengan perbedaan bentuk kurva histeresis dan bentuk gelombang sinus (*output*) yaitu semakin membesar setelah dimasukkan bahan uji pelat besi. Nisbah tegangan remanen dan tegangan koersiv antara kedua keadaan adalah V_{Br} = 0,14 dan V_{Hc} = 0,08.

DAFTAR ACUAN

[1]. DARBY, G., www.DelphiForFun.org., (2003)
[2]. HARAHAP, R.M.H., *Mesin Listrik, Mesin Arus Searah*, Jakarta, Gramedia Pustaka Utama, (1996)
[3]. SAPIIE, S. dan NISHINO, O., *Pengukuran dan Alat-alat Ukur Listrik,* Cetakan 7. Jakarta: Pradnya Paramita, (1976)
[4]. TOIFUR, M. dan SOFYAN, *Jurnal Fisika Universitas Diponegoro*, (2005)
[5]. www.Zelscope.com