

**DESAIN ALAT PENGUKURAN SIFAT MAGNETIK
MATERIAL DENGAN SENSOR EFEK HALL UGN3503**

SKRIPSI

Disusun untuk melengkapi syarat guna memperoleh gelar Sarjana Sains



Disusun oleh :

Ajeng Retno Budiarti

3225130892

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2017**

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI
DESAIN ALAT PENGUKURAN SIFAT MAGNETIK MATERIAL DENGAN
SENSOR EFEK HALL UGN3503

Nama : Ajeng Retno Budiarti
No.Reg : 3225130892

	Nama	Tanda tangan	Tanggal
Penanggungjawab Dekan	: Prof. Dr. Suyono, M.Si NIP.19671218 199303 1 005	.....	.....
Wakil Penanggung Jawab Wakil Dekan I	: Dr. Muktiningsih. N, M.Si NIP.19640511 198903 2 001	.....	.....
Ketua	: Dr. Mangasi Alion Marpaung, M.Si NIP.19571123 198703 1 002	.....	.....
Sekretaris	: Dr. Anggara Budi Susila, M. Si NIP.19601001 199203 1 001	.....	.....
Anggota			
Pembimbing I	: Dr. Erfan Handoko, M.Si NIP.19730201 200312 1 002	.....	.....
Pembimbing II	: Dr. Djati Handoko, M.Si NIP.196902052008121001	.....	.....
Penguji	: Dr. Iwan Sugihartono, M.Si NIP.197910102008011018	.....	.....

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal :

15 Agustus 2017

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya bertanda tangan di bawah ini ,mahasiswa Prodi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,Universitas Negeri Jakarta:

Nama : Ajeng Retno Budiarti

NIM : 3225130892

Program Studi: Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang saya buat dengan judul “Desain Alat Pengukuran Sifat Magnetik Material dengan Sensor Efek Hall UGN3503” adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri,berdasarkan data yang saya peroleh dari hasil penelitian pada bulan Maret 2017 – Juli 2017 di Lab Instrumentasi Fisika UNJ.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain.
3. Bukan jiplakan karya tulis orang lain dan bukan terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan saya ini tidak benar.

Jakarta ,21 Agustus 2017

Ajeng Retno Budiarti

LEMBAR PERSEMBAHAN

“Skripsi ini penulis persembahkan untuk kedua orang tuaku yang tidak pernah letih untuk mendo’akan dan memberi semangat”.

ABSTRAK

Ajeng Retno Budiarti, Desain Alat Pengukuran Sifat Material Magnetik Dengan Sensor Efek Hall UGN3503. Skripsi. Jakarta: Prodi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta, 2017.

Telah dibuat desain pengukuran sifat magnetik material menggunakan sensor UGN3503 dengan arduino uno sebagai mikrokontrolernya. Menggunakan *coil* dengan jumlah lilitan 600 N berdiameter 4.5 cm, diberi inti kumparan berbahan besi Fe sebagai penghasil perubahan medan magnet luar dengan variasi arus DC dari -1,8 A hingga 1.8 A. Sensor efek hall UGN 3503 mendeteksi medan magnet dan menghasilkan tegangan output yang proposional dengan ketelitian 1,256 mV/gauss. Desain alat ini dapat bekerja dengan baik dengan jangkauan deteksi berkisar antara 0 hingga lebih dari 90 mT atau 900 gauss.

Kata-kata Kunci: *Sensor Efek Hall UGN3503, Arduino Uno, material magnetik.*

ABSTRACT

Ajeng Retno Budiarti, Measurements Design Of Magnetic Material Properties With Hall Effect Sensor UGN3503. Thesis. Jakarta: Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta, in,2017.

Measurements design of magnetic materials properties has made using magnetic sensors UGN3503 with arduino uno as a microcontroller. Using coil 600 N, 4.5 cm in diameter and core of coil were made up from iron Fe as a resultant change of magnetic field leng with variation of DC current from -1.8 A to 1.8 A. Hall effect sensors UGN3503 detects the magnetic field and produce the propotional output voltage with precision 1.256 mV/gauss. the design can work very well with detection ranges between 0 up to 90 mT or 900 gauss.

Keywords :*Hall Effect Sensor UGN3503,Arduino Uno,Magnetic Materials*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah saya panjatkan puji serta syukur kehadiran Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “**Desain Alat Pengukuran Sifat Magnetik Material Dengan Sensor Efek Hall UGN3503**”. Dalam perencanaan, penyusunan, serta penyelesaian penulisan Skripsi ini, saya banyak di bimbing secara langsung maupun tidak langsung oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Erfan Handoko, M.Si selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingannya.
2. Ibu Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si, selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Negeri Jakarta
3. Bapak Dr. Djati Handoko selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingannya.
4. Seluruh staf dan karyawan laboratorium elektronika dan instrumentasi Fisika Universitas Negeri Jakarta.
5. Orang tua dan keluarga yang telah mendukung, mendoakan dan selalu memberi cinta .
6. Teman-teman grup Dr. Erfan Handoko yaitu Aslam, Donna dan Gilang atas kerjasama, kebersamaan, semangat dan bantuannya.
7. Teman-teman peminatan Fisika Instrumen dan Komputasi yaitu Nadya, Dimas, Siti, Umi, Zulfiah, Lu'luil, Tessa, dan Syahrizal atas kerjasama dan bantuannya serta, teman-teman Prodi Fisika 2013 atas kebersamaan dan semangatnya selama ini.

Saya menyadari sepenuhnya bahwa Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, setiap kritik dan saran yang anda berikan sangat bermanfaat untuk sempurnanya skripsi nanti. Dan semoga Skripsi ini bermanfaat bagi para pembaca.

Jakarta, 21 Agustus 2017

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	Halaman
PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI	i
SURAT KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TEORI DASAR	5
2.1 Medan Magnet	5
2.2 Sifat Kemagnetan Bahan	7
2.3 Kurva Histerisis	8
2.4 Ektromagnet	10
2.5 Sensor	10
2.5.1 Sensor Magnetik.....	11
2.6 Sensor UGN3503	14
2.7 Arduino Uno	16
2.8 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	18
2.9 Teori yang Relevan	19
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.1.1 Waktu Penelitian.....	22
3.1.2 Tempat Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	22
3.2.1 Alat Penelitian	22
3.2.2 Bahan Penelitian.....	22
3.3 Metode Penelitian	23
3.4 Prosedur Penelitian	23
3.4.1 Kalibrasi Sensor	23
3.4.2 Pemrograman pada IDE Arduino	24
3.4.3 Perakitan Alat	24
3.4.4 Pengujian Alat dan Pengambilan Data	25
3.5 Blok Diagram Alat	25
3.6 Skema Alat	26
3.7 Flowchart	26
3.8 Diagram Alir Penelitian.....	27
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	28

4.1 Hasil	28
4.1.1 Kalibrasi Sensor UGN3503	28
4.1.2 Pembuatan Power Supply Otomatis	30
4.1.3 Pengujian Alat pada Kumparan tanpa Sampel.....	31
4.1.4 Pengujian Alat Menggunakan Sampel BHF	33
4.1.5 Pengujian Alat Menggunakan Sampel Barium Heksaferit tersubstitusi ion CoTiZn	35
4.1.6 Pengujian Alat pada Menggunakan tanpa Sampel Fe ₃ O ₄	39
4.1.7 Pengujian Alat Menggunakan Sampel Co	42
4.1.8 Pengujian Alat Menggunakan Sampel Ni	46
4.1.9 Pengujian Alat Menggunakan Sampel Ba _{1-x} Ca _x Fe ₁₂ O ₁₉	49
4.2 Pembahasan	52
4.2.1 Analisa karakteristik sensor UGN3503 dalam sistem pengukuran medan magnet untuk mengetahui sifat bahan magnet	52
4.2.2 Analisa grafik untuk material bersifat <i>hard</i> magnet dan soft magnet dalam pengukuran sifat bahan magnet dengan sensor efek hall UGN3503.....	53
4.2.3 Analisa Keberhailan Alat	53
BAB V. PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	59
Lampiran 1	60
Lampiran 2	71
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Medan Magnet	5
Gambar 2.2. Garis-garis Medan Magnet.....	6
Gambar 2.3. Dipol-dipol Magnet Material Diamagnetik	7
Gambar 2.4. Dipol-dipol Magnet Material Paramagnetik	7
Gambar 2.5. Dipol-dipol Magnet Material Ferromagnetik	8
Gambar 2.6. Kurva Histerisis	9
Gambar 2.7. Kurva Histerisis Hard dan Soft Magnet.....	10
Gambar 2.8. Prinsip kerja efek Hall	14
Gambar 2.9. Konfigurasi sensor UGN3503	15
Gambar 2.10. Blok Diagram Rangkaian Internal UGN3503	15
Gambar 2.11. Arduino Uno.....	16
Gambar 2.12. Tampilan Software Arduino IDE saat dibuka	17
Gambar 2.13. Editor Arduino IDE	18
Gambar 2.14. LCD 2 x 16	19
Gambar 3.1. Skema Alat	26
Gambar 4.1. Proses kalibrasi sensor menggunakan solenoid 740 N	28
Gambar 4.2. Proses pengukuran medan magnet dengan gaussmeter	29
Gambar 4.3. Grafik hubungan antara medan magnet yang diukur menggunakan gaussmeter terhadap medan magnet yang diukur menggunakan sensor UGN3503	29
Gambar 4.4. <i>Power Supply</i>	30
Gambar 4.5. Kumputan penghasil electromagnet dengan inti besi	31
Gambar 4.6. Tampilan aplikasi PLX-DAQ pada layar <i>personal computer (PC)</i>	32
Gambar 4.7. Hubungan antara medan magnet eksternal terhadap kuat arus	33
Gambar 4.8. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel Barium Heksaferit	33
Gambar 4.9. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada Barium Heksaferit menggunakan origin	34
Gambar 4.10. Kurva histerisis antara medan M terhadap H pada sampel Barium Heksaferit	34
Gambar 4.11. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel $Ba(CoTiZn)CaFe_{12}O_{19}$ 1 g.....	35
Gambar 4.12. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel $Ba(CoTiZn)CaFe_{12}O_{19}$ 1 g menggunakan origin	36
Gambar 4.13. Kurva histerisis antara medan magnet M terhadap medan magnet eksternal H pada sampel $Ba(CoTiZn)CaFe_{12}O_{19}$ 1 g.....	36
Gambar 4.14. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel $Ba(CoTiZn)CaFe_{12}O_{19}$ 2 g.....	37
Gambar 4.15. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel $Ba(CoTiZn)CaFe_{12}O_{19}$ 2 g menggunakan origin	38
Gambar 4.16. Kurva histerisis antara medan magnet M terhadap medan magnet eksternal H pada sampel $Ba(CoTiZn)CaFe_{12}O_{19}$ 2 g menggunakan origin	38
Gambar 4.17. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel Fe_3O_4 1 g.....	39

Gambar 4.18. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada Fe_3O_4 1 g menggunakan origin	40
Gambar 4.19. Kurva histerisis antara medan M terhadap H pada sampel Fe_3O_4 1 g	40
Gambar 4.20. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel Fe_3O_4 2 g	41
Gambar 4.21. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel Fe_3O_4 2 g menggunakan origin	41
Gambar 4.22. Kurva histerisis antara medan magnet M terhadap medan magnet eksternal H pada sampel Fe_3O_4 2 g	42
Gambar 4.23. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel Co 1 g	43
Gambar 4.24. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel Co 1 g menggunakan origin.....	43
Gambar 4.25. Kurva histerisis antara medan magnet M terhadap medan magnet eksternal H pada sampel Co 1 g menggunakan origin.....	44
Gambar 4.26. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel Co 2 g	44
Gambar 4.27. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel Co 2 g menggunakan origin.....	45
Gambar 4.28. Kurva histerisis antara medan magnet M terhadap medan magnet eksternal H pada sampel Co 2 g	45
Gambar 4.29. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel Ni 1 g menggunakan excel	46
Gambar 4.30. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel Ni 1 g	47
Gambar 4.31. Kurva histerisis antara medan magnet M terhadap medan magnet eksternal H pada sampel Ni 1 g menggunakan origin	47
Gambar 4.32. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel Ni 2 g	48
Gambar 4.33. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel Ni 2 g menggunakan origin	48
Gambar 4.34. Kurva histerisis antara medan magnet M terhadap medan magnet eksternal H pada sampel Co 2 g menggunakan origin.....	49
Gambar 4.35. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ $x = 0$	50
Gambar 4.36. Kurva histerisis antara medan magnet M terhadap medan magnet eksternal H pada sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ $x = 0$	50
Gambar 4.37. Kurva histerisis antara medan magnet B terhadap medan magnet eksternal H pada sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ $x = 0,1$	51
Gambar 4.38. Kurva histerisis antara medan magnet M terhadap medan magnet eksternal H pada sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ $x = 0,1$	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jangkauan deteksi dari berbagai metode pengukuran medan magnet..	11
Tabel 2.2. Konfigurasi Pin LCD	19
Tabel 4.1. Data Magnetisasi remanen $Ba_{1-x}Ca_xFe_{12}O_{19}$	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemakaian magnet permanen dalam kehidupan sehari-hari untuk alat elektronik rumah tangga atau untuk industri permainan anak saat ini sangat meningkat pesat. Namun di Indonesia, 80% magnet permanen yang digunakan pada produksi tersebut merupakan magnet permanen yang diimport dari luar negeri walaupun di Indonesia sendiri memiliki banyak bahan magnet alamiah yang melimpah dalam bentuk pasir besi [1].

Saat ini di Indonesia telah banyak dilakukan penelitian mengenai bahan magnet yang kemudian akan dibuat menjadi magnet permanen. Berdasarkan respon materialnya terhadap medan magnet, terdapat tiga karakteristik bahan magnetik yang berbeda, yaitu diamagnetik yang merupakan bahan magnet yang sulit termagnetisasi bahkan dapat melawan medan magnet luar, paramagnetik yang merupakan bahan magnet yang mudah termagnetisasi namun dapat hilang kemagnetannya jika medan magnet luar dihilangkan dan feromagnetik yang merupakan bahan magnet yang mudah terpengaruh oleh medan magnet luar sehingga dapat menghasilkan medan magnetnya sendiri [2]. Fenomena kemagnetan terjadi karena adanya gaya antara muatan listrik yang bergerak. Karena semua elektron dalam atom bergerak mengelilingi inti atom, dan tiap elektron berputar secara terus-menerus pada sumbuinya maka semua atom juga akan memperlihatkan efek kemagnetan [3].

Untuk mengetahui sifat dari bahan magnet sendiri harus dilakukan magnetisasi dengan mengetahui besar medan magnet yang dihasilkan ketika material magnet diberi medan magnet luar. Setelah melakukan proses magnetisasi sifat bahan magnet akan diketahui dengan memplot data yang didapat yang kemudian akan memperlihatkan kurva histeresis. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan alat tertentu yaitu *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)* dan *Scanning Tunneling Microscopy (STM)* [4]. Namun, alat-alat tersebut memiliki

harga yang cukup mahal sehingga tidak banyak instansi yang memiliki alat-alat tersebut [4].

Dalam pembuatan alat pengukuran medan magnet, guna mendeteksi medan magnet sendiri terdapat beberapa metode penginderaan yaitu metode Induksi, metode SQUIDs, *magneto-resistive*, *metode fluxgate magnetometers resonance*, dan metode sensor efek hall [5]. Setiap metode memiliki rentang pengukuran yang berbeda-beda. Metode SQUIDs dapat mendeteksi medan magnet lemah antara 10^{-14} hingga 10^{-9} tesla, untuk metode *magneto-resistive* dan *fluxgate magnetometers resonance* dapat mendeteksi medan magnet antara 10^{-13} hingga 10^{-3} tesla. Sedangkan metode induksi dan metode efek *Hall* mempunyai cakupan deteksi yang besar hingga hampir mencapai 2 tesla [6].

Dewasa ini, banyak penelitian tentang alat pengukuran sifat bahan magnet yang dilakukan dengan berbagai macam metode penginderaan sebagai sensor magnetiknya. Sensor magnetik memiliki beberapa kelebihan yaitu linearitas dan kestabilan yang tinggi, bersifat tidak merusak (*nondestruktif*), sensitivitas terhadap arah yang tinggi, *reliable*, relatif sederhana dan biaya operasi yang murah [7]. Sensor dengan metode efek *Hall* lebih sering digunakan dalam sebuah penelitian dibandingkan dengan sensor dengan metode induksi, SQUID's, *magneto-resistive* ataupun *metode fluxgate magnetometers resonance*.

Pada tahun 2007 telah dibuat alat ukur medan magnet pada kumparan berarus berbasis mikrokontroler AT89S51 oleh Arifin. Sistem ini dapat mengukur medan magnet yang ditimbulkan oleh kumparan yang dialiri arus dan dapat ditampilkan pada *seven segment*. Sistem terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri atas sensor magnetik UGN 3503, *analog to digital converter*, mikrokontroler, *seven segment* untuk menampilkan data pengukuran. Perangkat lunak terdiri atas program menggunakan bahasa *assembly* yang diimplementasikan pada mikrokontroler. Sistem ini dapat mengukur medan magnet pada kumparan yang dialiri arus. Sistem ini telah terealisasi dan dapat mengukur medan magnet pada kumparan berarus dengan batas pengukuran 0 – 10 mT, dengan ketelitian 1 mT [3].

Pada tahun 2009 telah dilakukan pula sebuah penelitian yang membahas tentang aplikasi sensor UGN3505 sebagai pendeteksi medan magnet yang dilakukan oleh Yulastri [8]. Pada penelitian tersebut dikembangkan sebuah teslameter dengan menggunakan sensor UGN3505 sebagai detektor magnetik dan LCD sebagai *display output*. Pendeteksian medan magnet dilakukan dengan mendekatkan sebuah obeng yang memiliki medan magnet ke sensor UGN3505 dan sensor membaca tegangan medan magnet. Nilai medan magnet yang terbaca dikonversi dari nilai tegangan output yang terukur menjadi satuan gauss. Namun penelitian tersebut hanya sebatas teslameternya saja tanpa dibuat rangkaian penghasil elektromagnetik sehingga set alat pada penelitian ini masih kurang efisien.

Pada tahun 2013 Bambang Hermanto telah mengembangkan alat ukur karakteristik magnetik material magnet menggunakan sensor efek *Hall* tunggal secara manual. Pada penelitian ini, studi awal pengembangan alat ukur histerisis magnet menggunakan sensor efek Hall dilakukan secara manual. Sensor efek *Hall* yang digunakan, dapat mengukur *fluk dencity* magnet pada permukaan material. Hasil pengembangan menunjukkan bahwa kurva histerisis magnet dapat diperoleh. Kurva histerisis hasil pengukuran magnet kuat, lemah dan logam besi dapat dibedakan secara kuantitatif dan jelas [9].

Lalu dilakukan pula penelitian oleh Agustinus Gigih Widodo dkk pada tahun 2014 yang berjudul "*Penggunaan Sensor Medan Magnet Tunggal Berbasis Efek Hall dalam Pengembangan Alat Ukur Histerisis Magnet untuk Material Magnet Lemah*"[4], pada penelitian ini digunakan sensor efek hall produksi vernier. Keluaran dari alat tersebut berupa data magnetik dari bahan magnet yang dimagnetisasi. Data di olah menggunakan aplikasi logger pro 3 untuk menampilkan grafiknya, namun pada penelitian ini terdapat keterbatasan jangkauan deteksi medan magnetnya yaitu hanya pada kisaran 0-6.4 mT saja dan penambahan arus masuknya masih dilakukan secara manual.

Berdasarkan beberapa penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya akan dikembangkan sebuah desain pengukuran sifat magnetik material menggunakan metode efek hall berbasis arduino uno, memanfaatkan aplikasi data logger untuk

mengolah dan menampilkan data berupa medan magnet. Dengan menggunakan sensor UGN3503, penulis dapat mengembangkan alat pengukuran sifat bahan magnet yang diinginkan, yaitu dapat mengukur medan magnet hingga lebih dari 90 mT [5] dan dapat diinterface ke komputer dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dengan penambahan arus masukan sudah dilakukan secara otomatis hingga arus maksimum . Penulis mengharapkan dengan dikembangkannya alat ini dapat membantu para peneliti khususnya yang meneliti tentang material magnetik untuk mengetahui karakteristik dari material magnet yang digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana cara membuat alat ukur medan magnet untuk mengkarakterisasi material magnet berbasis Mikrokontroler Aduino Uno?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengukur besar medan magnet dari suatu material magnet yang termagnetisasi.
2. Untuk mendapatkan kurva histerisis dari suatu material magnet.
3. Untuk mengetahui sifat dari suatu material magnet.
4. Menganalisis kerja alat ukur medan magnet yang dibuat.

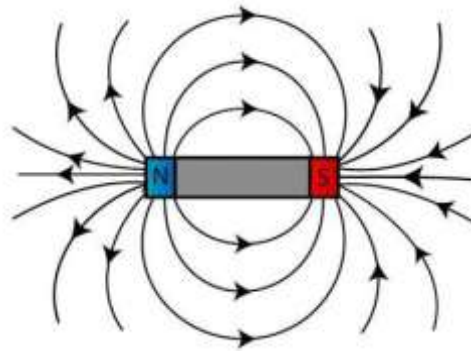
1.4 Manfaat Penelitian

Pengembangan alat ukur medan magnet untuk mengkarakterisasi material magnet ini dapat mempermudah para peneliti dibidang material magnet dalam melakukan penelitiannya.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Medan Magnet

Medan magnet ialah suatu daerah yang masih dipengaruhi oleh magnet. Semakin jauh kita berada dari magnet tersebut, semakin cepat gaya magnet tersebut akan menghilang. Untuk menyatakan adanya medan magnet selalu bergantung pada garis gaya. Semakin rapat garis gaya ini berarti semakin besar medan magnetnya [2].



Gambar 2.1. Medan Magnet

(sumber: Cutnel&Johnson,2013)

Elektron yang bergerak mengelilingi inti pada setiap atom tidak hanya mengorbit terhadap inti atom tetapi, elektron juga berotasi terhadap sumbunya sendiri (*spin*). Gerakan elektron (*Spin*) tersebut yang akhirnya menimbulkan medan magnet (*B*) [1]. Sedangkan medan magnet sendiri dapat didefinisikan sebagai daerah di sekitar magnet yang dialiri oleh arus listrik dan medan magnet merupakan besaran vektor *B* sehingga menggunakan garis medan untuk menyatakan besarnya[10].

Sebagai contoh , besarnya induksi magnet \vec{B} dinyatakan sebagai jumlah garis medan persatuan luas. Jika $d\vec{A}$ adalah vektor dari elemen luas pada *S* dan *B* adalah vektor dari induksi pada elemen luas tersebut,maka jumlah garis gaya Φ yang timbul pada permukaan *S* dapat dinyatakan :

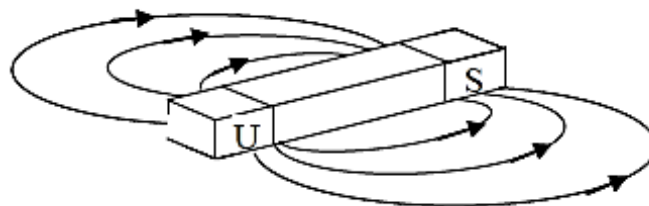
$$\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan analisis vektor menggunakan teorema stokes persamaan (1) dapat ditulis ulang menjadi ,sbb:

$$\Phi = \oint_s \mathbf{B} d\mathbf{A} \cos\theta = \int_s B_n dA \dots\dots\dots (2)$$

Dengan θ adalah sudut antara \vec{B} dan $d\vec{A}$, lalu $B_n = B \cos \theta$ adalah komponen \vec{B} pada arah normal. Persamaan (2) menyatakan jumlah garis gaya persatuan luas ,jadi medan magnet \vec{B} disebut juga rapat fluks [6].

Untuk mengetahui gambaran dari medan magnet ,dapat dilakukan dengan menggunakan kompas dan magnet yang memiliki kutub utara dan selatan. Hal tersebut dilakukan dengan cara mendekatkan kompas pada masing-masing kutub magnet. Jika kompas didekatkan pada kutub magnet selatan maka kompas akan bergerak ke kutub yang berlawanan yaitu kutub utara,begitupun sebaliknya.



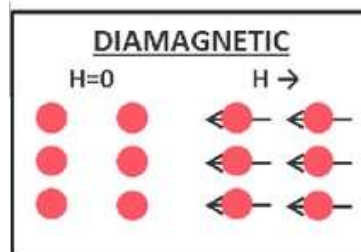
Gambar 2.2. Garis-garis medan magnet [11]

Gambar 2.2 menunjukkan garis-garis medan magnet hasil dari visualisasi menggunakan kompas. Semakin jauh garis medan yang tersebar,maka akan semakin lemah medan magnetnya [11].

2.2 Sifat Kemagnetan Bahan

Berdasarkan respon material terhadap medan magnet, material magnet terdiri dari tiga jenis yaitu diamagnetik,paramagnetik,dan feromagnetik. Diamagnetik adalah bahan yang memiliki respon paling lemah terhadap medan magnet. Bahan diamagnetik memiliki resultan medan magnet atomis masing-masing atom/molekulnya nol,namun medan magnet akibat orbit dan spin elektronnya tidak nol [12]. Suatu bahan akan bersifat magnet jika susunan atom pada bahan tersebut memiliki spin elektron yang tidak berpasangan, sedangkan bahan

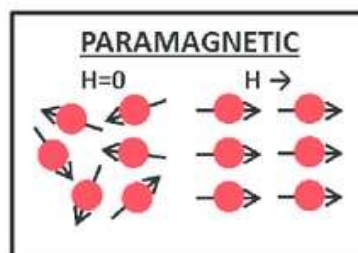
diamagnetik hampir semua spin elektronnya berpasang-pasangan sehingga tidak menarik garis gaya. Contoh bahan diamagnetik adalah emas, seng, bismut dan perak [1].



Gambar 2.3. Dipol-dipol magnet material diamagnetic

(sumber:www.perpusku.com)

Bahan paramagnetik adalah bahan yang memiliki respon yang cukup kuat terhadap medan magnet, namun sifat kemagnetannya akan hilang ketika medan magnet luar dihilangkan. Hal ini menyebabkan bahan paramagnetik belum bisa disebut sebagai bahan magnetik karena hanya bekerja ketika diberi medan magnet luar. Vektor magnetisasi M dari bahan paramagnetik searah dengan kuat medan magnet H dan susceptibilitas magnetnya kecil, tetapi bernilai positif yaitu pada interval 10^{-5} hingga 10^{-3} [13].

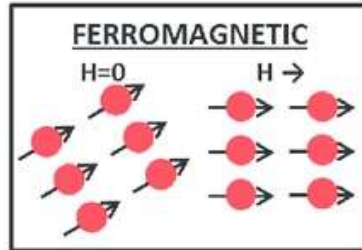


Gambar 2.4. Dipol-dipol magnet material paramagnetic

(sumber:www.perpusku.com)

Bahan ferromagnetik adalah bahan yang mempunyai resultan medan atomis besar. Hal ini terutama disebabkan oleh momen magnetik spin elektron. Pada bahan ferromagnetik banyak spin elektron yang tidak berpasangan, misalnya pada atom besi terdapat empat buah spin elektron yang tidak berpasangan. Masing-masing spin elektron yang tidak berpasangan ini akan memberikan medan magnetik, sehingga total medan magnetik yang dihasilkan oleh suatu atom lebih besar [1].

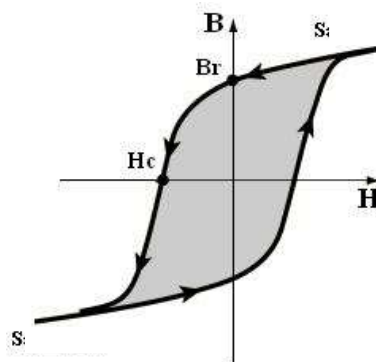
contoh dari bahan ferromagnetik adalah besi, baja, dan kobalt. Bahan ferromagnetik digolongkan menjadi 2 golongan yaitu antiferromagnetik dan ferrimagnetik.



Gambar 2.5. Dipol-dipol magnet material ferromagnetic
(sumber:www.perpusku.com)

2.3 Kurva Histerisis

Untuk mengkarakterisasi bahan magnet secara kuantitatif kita dapat menggunakan analisa kurva histerisis. Untuk bahan ferromagnetik magnetisasi bahan (M) tidak sebanding dengan intensitas magnet (H). Hal tersebut dapat dikarenakan suseptibilitas magnetik (χ_m) bergantung dari harga intensitas magnet (H). Untuk bahan ferromagnetik, sesudah mencapai titik saturasi ketika H diperkecil hingga mencapai 0, ternyata kurva B tidak melewati jalur kurva semula. Ketika $H=0$, medan magnet atau rapat fluks B mempunyai harga $B_r \neq 0$. Jadi, apabila arus pada koil dimatikan ($I=0$) maka di dalam bahan masih tersimpan fluks induksi. Harga B_r sendiri disebut dengan induksi remanen atau remanensi bahan [1]. Berikut merupakan bentuk umum dari kurva histerisis :



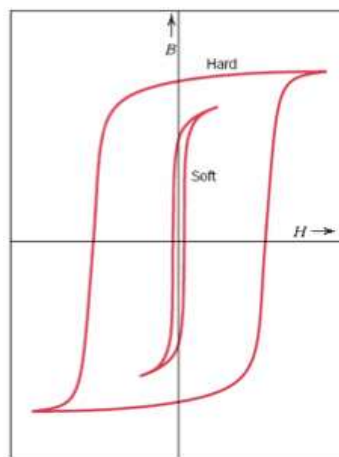
Gambar 2.6. kurva histerisis

(sumber:<http://hardiananto.wordpress.com>)

Seperti yang terlihat pada gambar di atas bahwa, kurva histerisis terbentuk ketika H mencapai harga nol, H dibuat negatif dengan membalik arus pada koil.

Kurva $B(H)$ akan memotong sumbu pada H_c . Intensitas H_c inilah yang diperlukan untuk membuat rapat fluks $B=0$ atau menghilangkan fluks pada bahan. H_c disebut koersivitas bahan. Bila H diperbesar pada harga negatif sampai mencapai titik saturasi dan dikembalikan melalui nol, berbalik arah dan terus diperbesar pada H positif hingga saturasi kembali, maka kurva $B(H)$ akan membentuk suatu lintasan tertutup yang disebut kurva histerisis [8].

Kurva histerisis untuk hard magnet dan soft magnet memiliki perbedaan, dimana kurva histerisis hard magnet berbentuk lebih gemuk dibanding soft magnet. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 2.7. Kurva Histerisis *Hard* dan *Soft* Magnet

2.4 Elektromagnet

Elektromagnet adalah alat yang digunakan untuk mensejajarkan domain-domain magnet yang awalnya tidak teratur menjadi sejajar searah dengan medan magnet luar. Ketika medan magnet luar makin kuat maka domain-domain yang mensejajarkan diri makin banyak pula. Sehingga medan magnet yang dihasilkan oleh bahan magnet pun akan semakin besar. Arah medan magnet yang diberikan dari utara ke selatan mengakibatkan pengkutuban pada bahan magnetik dengan arah berkebalikan.

Besarnya medan magnet sangat dipengaruhi oleh arus yang mengalir, jumlah lilitan kawat tembaga dan inti magnet yang bersifat *soft magnet*. Arus yang digunakan diperoleh dari sebuah sumber arus. Dengan memberikan medan secara

bertahap sebanyak tiga kali akan diperoleh medan magnet sesuai kurva histeris magnet permanen. Dalam praktiknya bahan magnetik dapat dibedakan menjadi dua yaitu *soft magnet* dan *hard magnet*.

2.5 Sensor

Sebuah sistem pengukuran terdiri dari beberapa elemen yang digunakan untuk menjalankan fungsinya sendiri. Elemen-elemen fungsional ini adalah sensor sebagai perubah besaran fisis menjadi besaran listrik, prosesor sinyal sebagai pengubah keluaran sensor menjadi besaran lain untuk di transmisikan kembali, dan penampil data sebagai penampil nilai-nilai yang terukur.

Sensor adalah elemen sistem yang secara efektif berhubungan dengan proses di mana suatu variabel sedang diukur dan menghasilkan suatu keluaran dalam bentuk tertentu tergantung pada variabel masukannya [14]. Terdapat beberapa persyaratan dari sensor, yaitu sensitivitas, linieritas, tidak bergantung temperatur, stabilitas tinggi, tanggapan waktu, stabilitas waktu, *repeatability* dan tanggapan dinamik yang baik.

2.5.1 Sensor Magnetik

Dalam pembuatan sensor magnetik ada beberapa metode penginderaan yaitu metode Induksi, metode SQUIDS, *magnetoresistive*, metode *fluxgate magnetometers resonance*, dan metode sensor efek Hall [5]. Namun sensor magnetik dibagi dua berdasarkan kepekaan pengukuran dimana magnetometer lebih peka untuk mengukur medan magnet rendah dan gaussmeter lebih peka untuk mengukur medan tinggi. Pada pengukuran medan magnet rendah (magnetometer) terdapat dua tipe sensor yaitu tipe sensor berdasarkan komponen vektor dan sensor berdasarkan besaran skalar [15]. setiap metode penginderaan yang digunakan untuk membuat sensor magnetik memiliki jangkauan deteksi tersendiri, hal tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

Tabel 2.1. Jangkauan deteksi dari berbagai metode pengukuran medan magnet [6]

Metode	Squid's	Fluxgate	Magnetoresistive	Efek <i>Hall</i>	Induksi
Jangkauan (mT)	$10^{-14} - 10^{-9}$	$10^{-13} - 10^{-3}$	$10^{-13} - 10^{-3}$	$0.1 - 3.10^4$	$10^{-9} - 10^6$

a. Metode Fluxgate

Sensor *fluxgate* bekerja dengan membandingkan medan magnet yang diukur B_{ext} dengan medan magnet referensi B_{ref} . Medan magnet referensi dapat berbentuk sinyal bolak-balik sinusoida, persegi, atau segitiga, yang dieksitasikan pada inti melalui kumparan primer. Dalam bentuk sederhana, sensor magnetik *fluxgate* terdiri dari dua kumparan, yaitu kumparan primer sebagai kumparan eksitasi (A) dan kumparan sekunder sebagai kumparan *pick-up* (B) [16] dengan menggunakan dua buah inti material magnetis, seperti mumetal, permalloy, ferrite dan sebagainya.

b. Metode SQUID's

Metode SQUID's memiliki sensitivitas terhadap medan \mathbf{H} yang sangat tinggi sehingga memiliki aplikasi diberbagai bidang : biomedis, geofisik, giroskopik inti, komunikasi dalam laut, deteksi radiasi, optomagnetik, evaluasi nondestruktif bahan, suseptometer mikro, dan komputasi kuantum [17]. Metode ini digunakan untuk mendeteksi medan magnet lemah antara $10^{-14} - 10^{-9}$ tesla. Metode ini teliti saat mengukur medan magnet yang sangat kecil, tetapi tidak bisa saat digunakan untuk mendeteksi medan magnet diatas 10^{-9} tesla [6]. Pada metode ini diperlukan helium cair dan nitrogen cair dengan temperatur tinggi dalam pengoperasiannya [16].

c. Metode Magnetoresistiv

Magnetoresistive menggunakan prinsip resistivitas bahan pengisi sensor. Material seperti Peralloy (nikel dan besi) dapat digunakan sebagai sensor magnetoresistansi (*Anisotropic Magnetoresistance-AMR* sensor) [18]. GMR (*Giant Magnetoresistance*) merupakan suatu material yang memiliki karakteristik magnetoresistansi yang tinggi, dan sifat-sifat magnetik dan elektrik yang baik. GMR terjadi karena perubahan MR yang cukup besar yang disebabkan oleh adanya hamburan pada saat *transport* elektron [19].

d. Metode Induksi Magnet

Kumparan induksi merupakan salah satu perangkat paling sederhana penginderaan medan magnet, merupakan fungsi transfer $v = f(\vec{B})$ hasil dari hukum Faraday tentang induksi, dimana bila ada suatu fluks magnet ϕ

yang melewati suatu koil akan menghasilkan tegangan yang proporsional (berbanding lurus) dengan perubahan fluks [18]. Metode induksi bekerja melalui pengukuran fluks magnetik yang merangkum mengenai Gaya Gerak Listrik induksi (GGL induksi), dimana kuat medan dapat diukur sepanjang lintasan elektrik dengan disertai adanya perubahan fluks di dalamnya [2]. Mengenai induksi elektromagnetik Faraday menyimpulkan bahwa sebuah arus listrik dapat diinduksikan dalam suatu rangkaian oleh medan magnet yang berubah-ubah [20]. Untuk membangkitkan GGL induksi dapat dilakukan dengan beberapa cara berikut [21] :

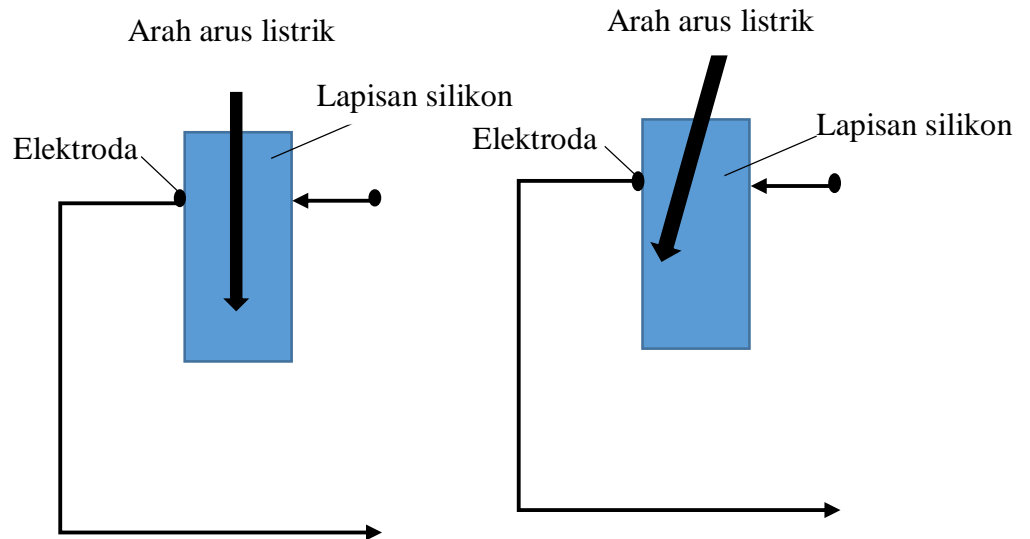
- 1) Menggerakkan magnet keluar-masuk kumparan.
- 2) Menggerakkan magnet disekitar kumparan.
- 3) Mengubah medan magnetik dengan menaikkan atau menurunkan arus dalam kumparan.
- 4) Menggerakkan kumparan disekitar sumber fluks.

e. Metode Efek *Hall*

Pada penelitian ini akan digunakan metode efek *Hall* untuk pembuatan teslameter (*detector magnetic*). Sensor Efek-*Hall* dirancang untuk merasakan adanya objek magnetis dengan perubahan posisinya. Perubahan medan magnet yang terus menerus menyebabkan timbulnya pulsa yang kemudian dapat ditentukan frekuensinya, sensor jenis ini biasa digunakan sebagai pengukur kecepatan.

Sensor *Hall Effect* digunakan untuk mendeteksi kedekatan (*proximity*), kehadiran atau ketidakhadiran suatu objek magnetis yang menggunakan suatu jarak kritis. Pada dasarnya ada dua tipe *Half-Effect* sensor, yaitu tipe linear dan tipe on-off. Tipe linear digunakan untuk mengukur medan magnet secara linear, mengukur arus DC dan AC pada konduktor dan fungsi-fungsi lainnya. Sedangkan tipe on-off digunakan sebagai limit switch, sensor keberadaan (*presence sensors*) [22] , dsb. Sensor ini memberikan logika output sebagai interface gerbang logika secara langsung atau mengendalikan beban dengan *buffer amplifier*. Dari Tabel 2.1 terlihat bahwa Sensor *hall effect* memiliki jangkauan deteksi minimal $10^{-7}T$ hingga mencapai lebih dari

1 T[6]. Oleh karena itu banyak penelitian yang memanfaatkan metode efek *Hall* sebagai detektor magnetiknya.



Gambar 2.8. Prinsip Kerja Sensor Efek *Hall*

Effect Hall merupakan suatu fenomena dimana bila sebuah bahan dialiri arus listrik serta diletakkan di medan magnet, maka terjadi pengumpulan atau penumpukan muatan pada kedua sisi penghantar yang menyebabkan munculnya medan listrik antara kedua sisi. *Effect Hall* merupakan fenomena yang merepresentasikan interaksi muatan dengan medan magnet pada sebuah pelat konduktor. Fenomena ini dapat dijelaskan dengan meninjau suatu balok logam yang dialiri arus listrik dan ditempatkan pada medan magnet yang arahnya tegak lurus arah arus listrik.

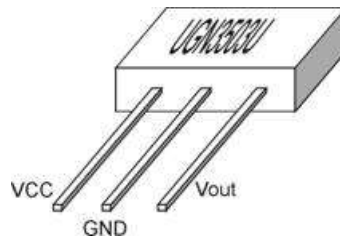
2.6 Sensor UGN3503

Sensor ini akan menghasilkan tegangan yang proporsional dengan kekuatan medan magnet yang dideteksi oleh sensor ini. Selain itu komponen ini dipilih karena relatif murah, mudah digunakan dan mempunyai performa yang cukup baik. Sensor UGN3503 ini mempunyai 3 pin antara lain :

Pin 1 : VCC, pin tegangan suplai

Pin 2 : GND, pin ground

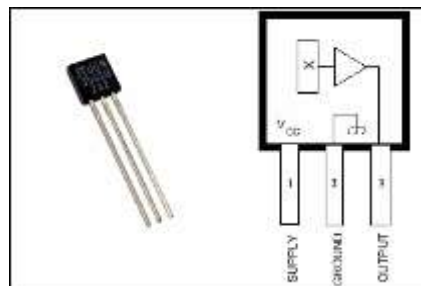
Pin 3 : Vout, pin tegangan output.



Gambar 2.9. Konfigurasi UGN3503

(<http://320volt.com/wp-content/uploads/2008/11/ugn3503-hall-efekteleman.png>)

Di dalam sensor ini sudah dibangun sebuah penguat yang memperkuat sinyal dari rangkaian sensor dan menghasilkan tegangan output ditengah-tengah tegangan suplai. Pada sensor ini jika mendapat pengaruh medan magnet dengan polaritas kutub utara maka akan menghasilkan pengurangan pada tegangan output sebaliknya jika terdapat pengaruh medan magnet dengan polaritas kutub selatan maka akan menghasilkan peningkatan tegangan pada outputnya. Sensor ini dapat merespon perubahan kekuatan medan magnet mulai kekuatan medan magnet yang statis maupun kekuatan medan magnet yang berubah-ubah dengan frekuensi sampai 20KHz.



Gambar 2.10. Blok Diagram Rangkaian Internal UGN3503

(sumber: <http://320volt.com/wp-content/uploads/2008/11/ugn3503-hall-efekteleman.png>)

Sensor hall effect UGN3503 ini mempunyai suplai tegangan yang cukup lebar yaitu mulai 4.5V sampai 6V dengan kepekaan perubahan kekuatan medan magnet sampai frekuensi 23KHz. Tegangan output yang dihasilkan tidaklah cukup kuat sehingga masih diperlukan sebuah op amp yang digunakan untuk memperkuat perubahan sinyal dari sensor UGN3503U.

2.7 Arduino Uno

Arduino Uno adalah arduino board yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah header ICSP, dan sebuah tombol reset. Arduino Uno memuat segala hal yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler.



Gambar 2.11. Arduino Uno

(sumber: <https://cdn.sparkfun.com/assets/parts/6/4/3/3/11061-01c.jpg>)

Hanya dengan menghubungkannya ke sebuah komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau adaptor AC ke DC sudah dapat membuanya bekerja. Arduino Uno menggunakan ATmega328 yang diprogram sebagai *USB-to-serial converter* untuk komunikasi serial ke computer melalui port USB. Tampak atas dari arduino uno dapat dilihat pada Gambar 3 Adapun data teknis board Arduino UNO R3 adalah sebagai berikut:

- Mikrokontroler : ATmega328
- Tegangan Operasi : 5V
- Tegangan Input (recommended) : 7 - 12 V
- Tegangan Input (limit) : 6-20 V
- Pin digital I/O : 14 (6 diantaranya pin PWM)
- Pin Analog input : 6
- Arus DC per pin I/O : 40 mA
- Arus DC untuk pin 3.3 V : 150 mA
- Flash Memory : 32 KB dengan 0.5 KB digunakan untuk bootloader

- SRAM : 2 KB
- EEPROM : 1 KB
- Kecepatan Pewaktuan : 16 Mhz

Arduino memiliki input/output (I/O) yang sederhana yang dapat dikontrol menggunakan bahasa pemrograman. Arduino dapat dihubungkan keperangkat seperti komputer. Bahasa pemrograman yang digunakan pada Arduino adalah bahasa pemrograman C yang telah disederhanakan dengan fitur-fitur dalam *library* sehingga cukup membantu dalam pembuatan program [23].



Gambar 2.12. Tampilan Software Arduino IDE saat dibuka.



Gambar 2.13. Editor Arduino IDE

2.8 LCD 2x16

Liquid crystal display (LCD) adalah media yang digunakan untuk menampilkan data atau perintah yang diberikan oleh user melalui perantara

mikrokontroler. Aplikasi dari LCD sendiri sudah banyak diberbagai bidang, misalnya dalam alat-alat elektronik, seperti televisi, kalkulator ataupun layar komputer. LCD dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian depan panel LCD yang terdiri dari banyak *dot* atau titik LCD dan mikrokontroler yang menempel pada bagian belakang panel LCD yang berfungsi untuk mengatur titik-titik LCD sehingga dapat menampilkan huruf, angka, dan simbol khusus yang dapat terbaca [24]. Berikut adalah konfigurasi pin pada LCD:

Tabel 2.2 Konfigurasi pin LCD

LCD pin	Fungsi	Arduino pin
1	GND or Vcc	
2	5V or vcc	GND
3	Vo or Vcc	5V
4	RS	12
5	R/W	GND
6	E	11
7	D0	
8	D1	
9	D2	
10	D3	
11	D4	5
12	D5	4
13	D6	3
14	D7	2
15	A or Anode	
16	K or Cathode	

LCD dihubungkan dengan potensiometer yang digunakan sebagai pengatur kecerahan cahaya, yang didasari oleh cara kerja potensiometer yakni menjadi hambatan dari tegangan yang akan menjadi input untuk LCD.



Gambar 2.14. LCD 2x16 [23].

2.9 Teori yang Relevan

Sensor magnetik yang digunakan untuk mengukur besar medan magnet terbagi menjadi 5 berdasarkan metode penginderaan yang digunakan yaitu metode Induksi, metode SQUIDs, *magneto-resistive*, metode *fluxgate magnetometers resonance*, dan metode sensor efek *Hall*. Metode penginderaan yang sering digunakan untuk sebuah penelitian yaitu metode *fluxgate magnetometers resonance*, metode induksi dan metode efek *Hall*.

Sudah banyak penelitian yang mengembangkan tentang alat pendeteksi medan magnet sekaligus karakterisasi bahan magnet dengan berbagai metode penginderaan. Pada tahun 2009 telah dilakukan pula sebuah penelitian yang membahas tentang aplikasi sensor UGN3505 sebagai pendeteksi medan magnet yang dilakukan oleh Yulastri [8]. Pada penelitian tersebut dikembangkan sebuah teslameter dengan menggunakan sensor UGN3505 sebagai detektor magnetik dan LCD sebagai *display output*. Pengujian dilakukan pendeteksian medan magnet dengan mendekatkan sebuah obeng yang memiliki medan magnet ke sensor UGN3505 dan sensor membaca tegangan medan magnet. Nilai medan magnet yang terbaca dikonversi dari nilai tegangan output yang terukur menjadi satuan gauss. Namun penelitian tersebut hanya sebatas teslameternya saja tanpa dibuat rangkaian penghasil elektromagnetik sehingga set alat pada penelitian ini masih kurang efisien.

Lalu Yovita Lisnasari melakukan penelitian pada tahun 2010 membahas tentang "*Rancang Bangun Sensor Magnetik Berdasarkan Metode Induksi Sebagai Teslameter*" [6], pada penelitian tersebut menggunakan metode induksi sebagai penginderaannya dan menggunakan kumparan sebanyak 872 lilitan sebagai penghasil elektromagnetiknya. Metode ini bekerja melalui pengukuran fluks magnetik yang merangkum mengenai GGL induksi, dimana kuat medan dapat diukur sepanjang lintasan elektrik dengan disertai adanya perubahan fluks didalamnya [6]. Keluaran dari penelitian ini adalah berupa besar tegangan output yang dihasilkan oleh kumparan pada teslameter dan kumparan penghasil elektromagnetik yang telah dialiri arus listrik didekatkan. Berdasarkan penelitian

tersebut dapat kita ketahui bahwa dengan menggunakan metode induksi dapat menghasilkan sensor yang memiliki sensitivitas tinggi dan kisaran deteksinya pun tinggi ,namun kurang efisien dilakukan jika tidak menggunakan mikrokontroler sebagai penunjang alat tersebut.

Selanjutnya dikembangkan alat ukur medan magnet pada tahun 2013 oleh Johan Wahyudi menggunakan sensor *Hall Effect* UGN3503 untuk mengukur arus listrik pada kumparan Leybold P6271 secara non destruktif [25]. Pada penelitiannya digunakan mikrokontroler ATmega 8535. Hasil dari penelitiannya di buat suatu alat untuk mengukur arus listrik tanpa perlu memutus rangkaian (destruktif) seperti halnya menggunakan multimeter.

Pada tahun 2013 Bambang Hermato telah mengembangkan alat ukur karakteristik magnetik material magnet menggunakan sensor efek *Hall* tunggal secara manual .Pada penelitian ini, studi awal pengembangan alat ukur histerisis magnet menggunakan sensor efek Hall dilakukan secara manual.Sensor efek *Hall* yang digunakan, dapat mengukur *fluk dencity* magnet pada permukaan material.Hasil pengembangan menunjukkan bahwa kurva histerisis magnet dapat diperoleh.Kurva histerisis hasil pengukuran magnet kuat, lemah dan logam besi dapat dibedakan secara kuantitatif dan jelas [26].

Lalu dilakukan oleh Agustinus Gigih Widodo dkk pada tahun 2014 yang berjudul “*Penggunaan Sensor Medan Magnet Tunggal Berbasis Efek Hall dalam Pengembangan Alat Ukur Histerisis Magnet untuk Material Magnet Lemah*”[4],pada penelitian digunakan sensor efek hall produksi vernier. Keluaran dari alat tersebut berupa data magnetik dari bahan magnet yang dimagnetisasi. Data diolah menggunakan aplikasi logger pro 3 untuk menampilkan grafiknya,namun pada penelitian ini terdapat keterbatasan jangkauan deteksi medan magnetnya yaitu hanya pada kisaran 0-6.4 mT saja.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan awal Maret 2017 sampai dengan selesai.

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri Jakarta.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah ,sbb :

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 1. Switching adaptor 4 A | 10. Solder |
| 2. Mikrokontroler Arduino Uno | 11. LCD 2 x 16 |
| 3. ATmega 8 | 12. Sensor efek hall |
| 4. LM317 | 13. <i>Push Button</i> (Saklar) |
| 5. Push Button | 14. Obeng |
| 6. Konektor CB | 15. Kabel USB |
| 7. Multimeter | 16. Bor |
| 8. Laptop | 17. Protoboard |
| 9. Teslameter/Gaussmeter | 18. Kumparan (<i>coil</i>) |

3.2.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah,sbb:

- | | |
|------------------------------------------------|----------------------|
| 1. Jumper | 6. LED (warna merah) |
| 2. Timah | 7. PCB |
| 3. Soket | 8. Akrilik |
| 4. Kawat email 0.8 mm (untuk membuat kumparan) | 9. Besi (Fe) |
| 5. Komponen Elektronika | 10. Box |
| | 11. Trimpot |

- | | |
|-----------------------|--------------------------------------------------|
| 12. Resistor 0.47 Ohm | 15. Material feromagnetik yaitu |
| 13. LM2596 | Fe ₃ O ₄ , BHF, Co, dan Ni |
| 14. TIP 35 | |

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pengembangan dan eksperimen. Penelitian ini mengembangkan alat karakterisasi material magnet yang sudah banyak dibuat oleh para peneliti, dengan menggunakan metode efek *Hall* untuk pengindraanya dan arduino uno untuk memproses data serta *data logger* untuk menginput dan mengolah data yang dihasilkan.

3.4 Prosedur Penelitian

1. Studi literatur tentang medan magnet, bahan magnet, sensor magnetik yang paling tepat untuk digunakan, serta penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya.
2. Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian.
3. Mengkalibrasi sensor UGN3503 serta mengkarakterisasi sensor tersebut.
4. Membuat program pada IDE arduino dan matlab untuk menampilkan data dan grafik.
5. Pembuatan *Power Supply*
6. Pembuatan alat karakterisasi bahan magnetik beserta rangkaian penghasil elektromagnet.
7. Pengujian alat serta pengambilan data dengan menggunakan bahan magnet dari jenis diamagnetik dan feromagnetik.

3.4.1 Kalibrasi sensor

Pada sebuah penelitian yang melibatkan suatu sensor sangat diperlukan untuk mengkalibrasinya terlebih dahulu. Untuk mengkalibrasi sensor efek *Hall* UGN3503 ini dengan cara membuat rangkaian sensor terlebih dahulu dengan menggunakan arduino uno. Selanjutnya melakukan pengukuran medan magnet dengan menggunakan solenoida 740 lilitan dan *power supply* sebagai penghasil elektromagnetnya. Pengukuran dilakukan yang telah dirangkai pada arduino uno dan Gaussmeter sebagai pembanding.

Setelah data keduanya dicatat dilakukan perbandingan menggunakan fungsi transfer agar didapat persamaan yang sesuai untuk mengkonversi satuan medan magnet yang dihasilkan serta mengolah data untuk mendapatkan karakteristik dari sensor tersebut.

3.4.2 Pemrograman pada IDE arduino

Pembuatan teslameter pada penelitian ini menggunakan metode efek *Hall* pendeteksi medan magnetnya dengan menggunakan mikrokontroler arduino uno sebagai *controlling*. Selanjutnya untuk dapat mengoperasikan arduino uno beserta sensor dan komponen lainya dibutuhkan pemrograman pada IDE Arduino sebagai pengatur seluruh system. Data yang dihasilkan akan ditampilkan dan diproses secara otomatis melalui *data logger* PLX-daq . Hasil akhir yang diinginkan pada penelitian ini yaitu berupa data mentah yang nantinya akan memberi informasi mengenai karakteristik dari bahan magnet ketika data tersebut diolah dan didapat grafik hubungan antara medan magnet dan arus beserta grafik hubungan antara medan magnet luar terhadap medan magnetisasi.

3.4.3 Perakitan alat

Perakitan alat pada penelitian ini dimulai dengan pembuatan power supply otomatis. Power supply otomatis ini digunakan untuk pemberi arus dan tegangan untuk rangkaian penghasil elektromagnetik. Arus masukan akan diatur secara otomatis dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sehingga pengguna tidak perlu memutar tombol untuk menaikkan atau menurunkan arusnya. Power supply ini juga dilengkapi dengan tombol reset beserta tombol start/pause.

Masing-masing komponen dirakit sesuai dengan fungsinya ,alat ini dibuat seminim mungkin . Dengan menggunakan box berbahan dasar plastik sebagai kerangka luar dan untuk sensor magnetnya sendiri berada terpisah dengan rangkaian elektromagnet dan rangkaian lainya namun tetap tersambung dengan kabel,agar sensor dapat digerakkan kemanapun sesuai kebutuhan pengukuran atau penelitian. Rangkaian elektromagnet pada penelitian ini menggunakan 1 kumparan dengan jumlah lilitan 600 N dan bahan inti besi berbentuk kerucut pejal .

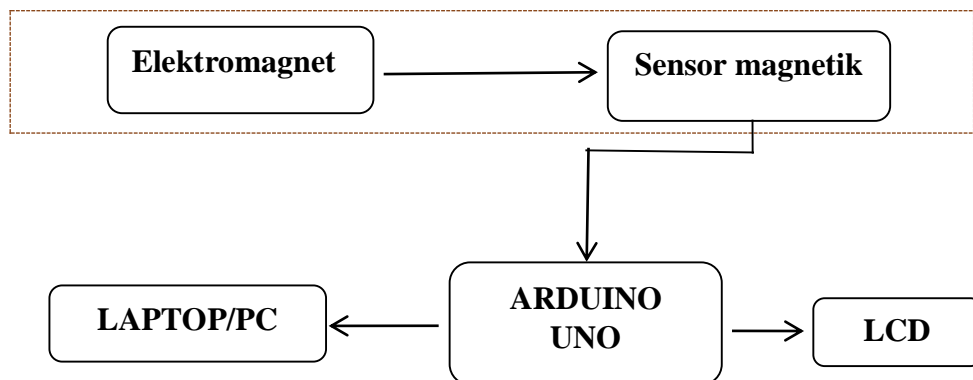
Sensor magnetik yang digunakan yaitu sensor efek *Hall* UGN3503 prinsip kerjanya yaitu dengan meletakkan sensor ke area elektromagnet. *Display* pada

penelitian ini tidak hanya memperlihatkan datanya melalui komputer saja namun menggunakan LCD 2x16 yang diletakkan pada power supply untuk monitoring arus dan tegangan. Jika semua komponen sudah dirakit selanjutnya dilakukan pengecekan ulang terhadap rangkaianya menggunakan avometer untuk melihat apakah terjadi konsleting pada rangkaian atau tidak.

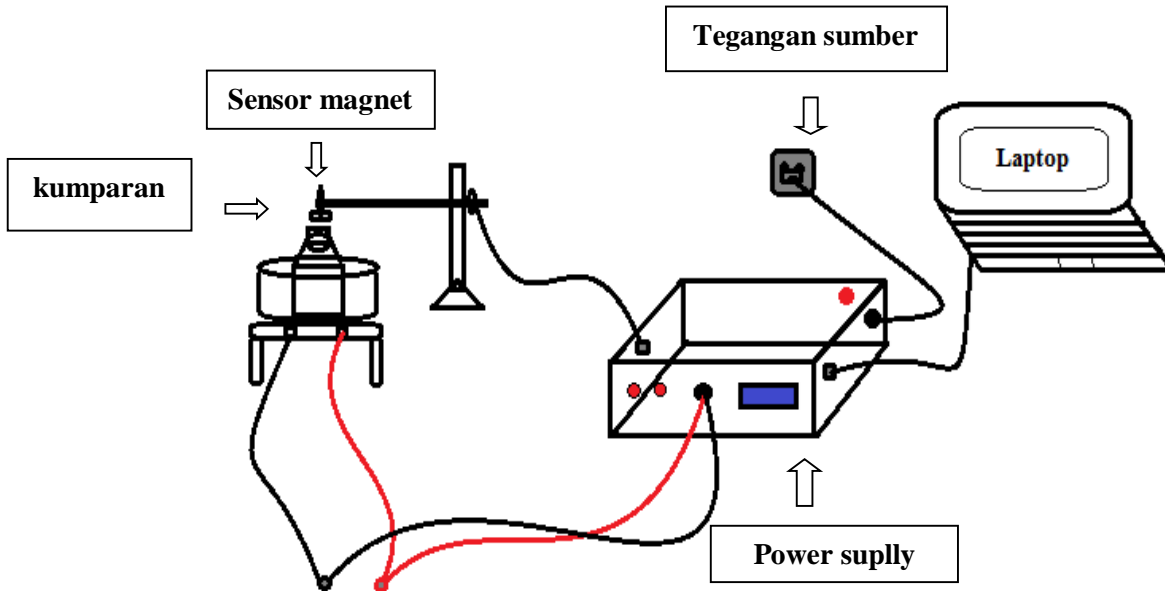
3.4.4 Pengujian alat dan pengambilan data

Pengujian alat dan pengambilan data dilakukan dengan membandingkan alat yang telah dibuat pada penelitian ini dengan alat yang telah teruji sebelumnya. Jika hasil yang didapat pada penelitian ini menunjukkan output dengan error kurang dari error maksimal, maka alat ini sudah dapat digunakan. Jika terjadi kesalahan, maka perlu dilakukan pengecekan dan pembenahan lebih lanjut.

3.5 Blok Diagram Sistem Kerja Alat

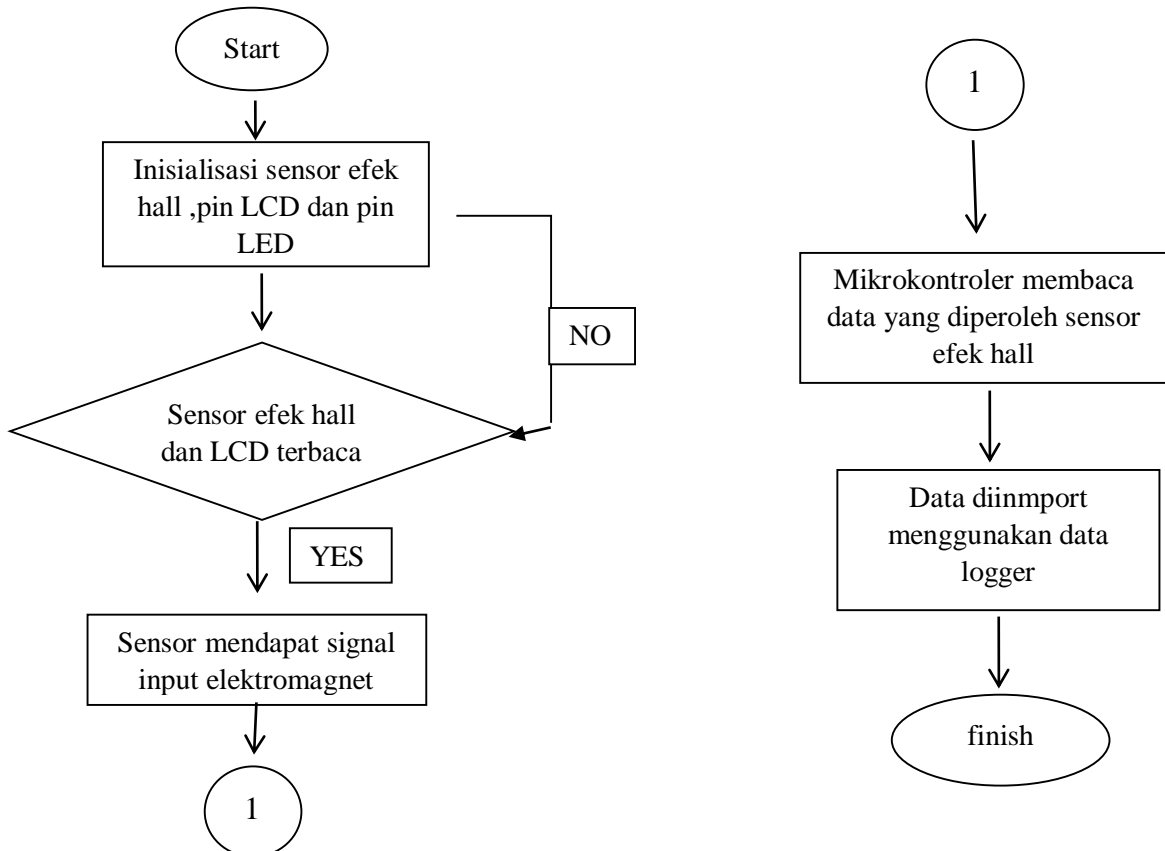


3.6 Skema Alat

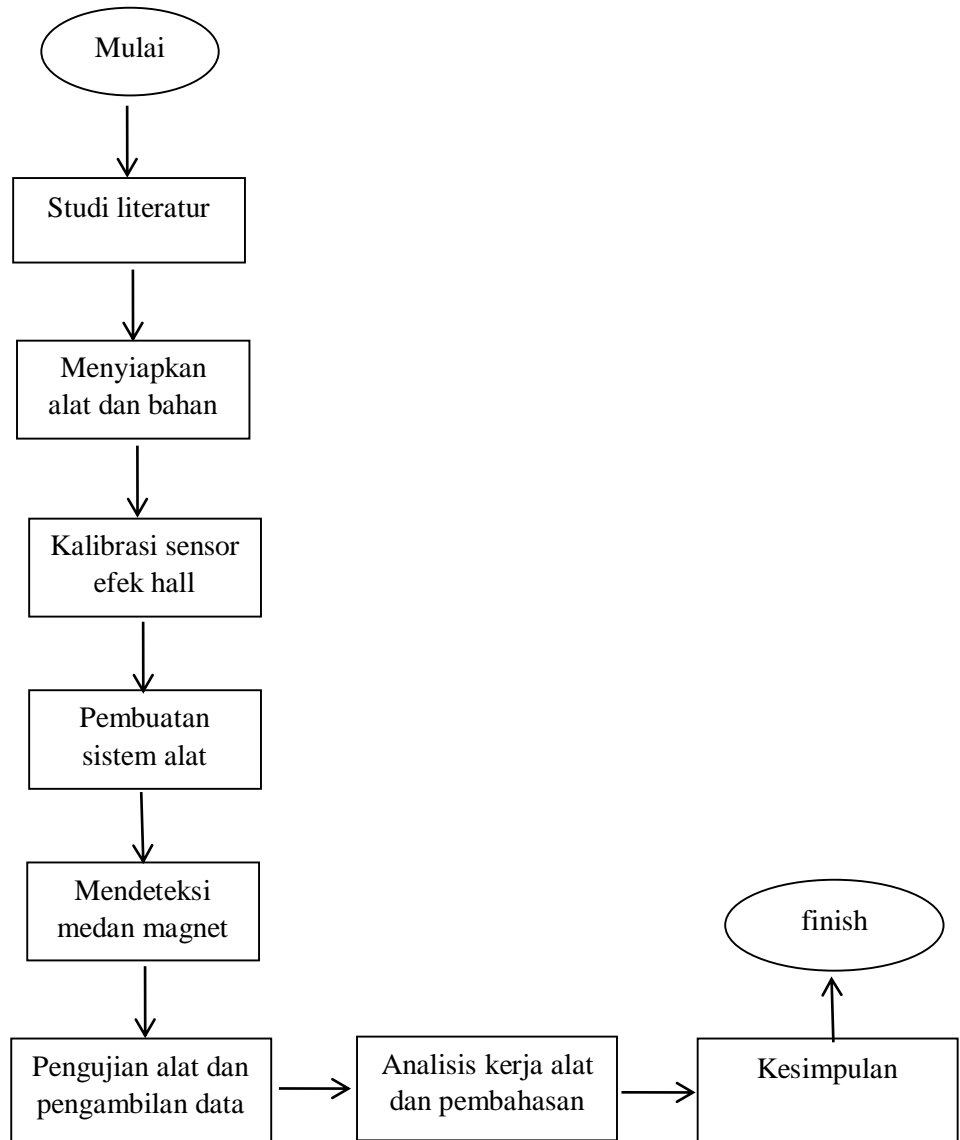


Gambar 3.1. Skema Alat karakterisasi bahan magnet

3.7 Flowchart Program



3.8 Diagram Alir Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Kalibrasi sensor UGN3503

Pada penelitian ini menggunakan sensor magnetik dengan metode penginderaan efek hall yaitu sensor UGN 3503. Untuk mengetahui apakah sensor tersebut bekerja dengan baik atau tidak, perlu dilakukan kalibrasi sensor. Kalibrasi sensor pada penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan data sensor dengan data yang dihasilkan menggunakan gaussmeter.

Pengukuran pada proses kalibrasi ini menggunakan solenoida dengan jumlah lilitan yaitu 740 N dan berdiameter 5.6 cm. Untuk dapat membaca data keluaran pada sensor dilakukan pemrograman menggunakan Arduino IDE, dan data yang dihasilkan akan ditampilkan pada serial monitor di Arduino IDE.



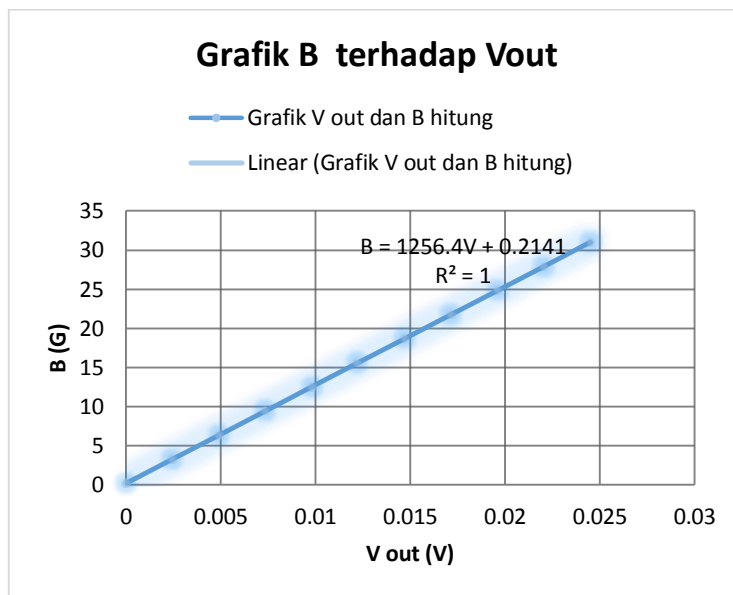
Gambar 4.1. Proses kalibrasi sensor menggunakan solenoid 740 N.

Setelah melakukan pengukuran menggunakan sensor magnetik, selanjutnya melakukan pengukuran menggunakan gaussmeter dengan solenoida yang sama dan arus yang sama pula. Arus dimasukkan dinaikkan secara perlahan dengan interval 0.2 A hingga mencapai 2 A. Data yang diperoleh dari pengukuran sensor dan pengukuran gaussmeter dibandingkan sehingga didapat fungsi transfer yang digunakan untuk mengkonversi nilai medan magnet yang dihasilkan.



Gambar 4.2. Proses pengukuran medan magnet dengan Gaussmeter.

Pengukuran medan magnet menggunakan sensor UGN3503 dan Gaussmeter masing-masing dilakukan 3 kali pengukuran. Berikut adalah grafik yang dihasilkan pada proses kalibrasi:



Gambar 4.3. Grafik hubungan medan magnet yang diukur menggunakan gaussmeter terhadap medan magnet yang diukur menggunakan sensor magnet.

Selain di peroleh fungsi transfer $1256.4V + 0.2141$, diperoleh pula kesalahan relatifnya yaitu dengan menggunakan rumus :

$$error (\%) = \frac{|PS-PL|}{PL} \times 100\% \quad (4.1)$$

Dengan PS adalah rata-rata pembacaan nilai pada sensor magnetik, dan PL adalah rata-rata pembacaan nilai pada alat ukur yang sudah teruji yaitu gaussmeter.

Dengan kesalahan relatif yang dihasilkan adalah 2,992% dan ketelitian 1.256 mV/G.

4.1.2 Pembuatan *Power Supply* Otomatis

Power supply yang digunakan pada penelitian ini dibuat satu *system* dengan Arduino uno dan sensor magnetnya. Komponen utama pada *power supply* ini adalah *switching* adaptor 4 A dan menggunakan ATmega 8 sebagai mikrokontrolernya. Tujuan dibuatnya *power supply* otomatis pada penelitian ini adalah untuk mempermudah penggunaanya dalam pengambilan data.



Gambar 4.4. Power supply

Untuk memprogram mikrokontroler ATmega 8 digunakan software AVR Studio kemudian diimport ke Arduino menggunakan program Arduino IDE. Dengan menggunakan persamaan :

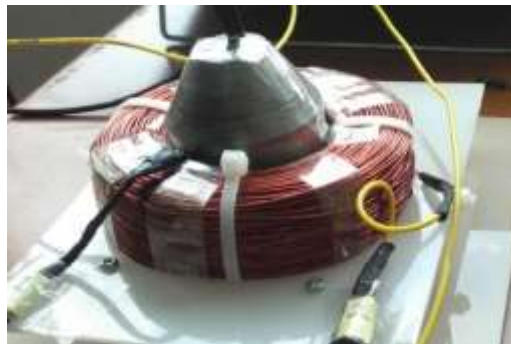
$$V = I \cdot R \dots\dots\dots(4.2)$$

Setelah mendapatkan nilai tegangan maka kita akan dapat mengukur besarnya arus listrik yang mengalir pada rangkaian menggunakan hukum Ohm yang dapat dilihat pada persamaan (4.2) dengan V adalah tegangan yang terukur, I adalah nilai arus yang pada rangkaian, dan R adalah nilai hambatan yang ada pada rangkaian serta nilai hambatan pada kumparan yang digunakan pada rangkaian penghasil elektromagnet pada penelitian ini.

Nilai kuat arus dan tegangan dapat dimonitoring secara langsung melalui LCD yang terpasang di bagian depan *power supply* ini. Namun,terdapat kendala pada saat membalik sumber arusnya agar diperoleh arus negatif tulisan yang tertera pada LCD menjadi acak,sehingga perlu menekan tombol resset supaya pembacaan kembali normal.

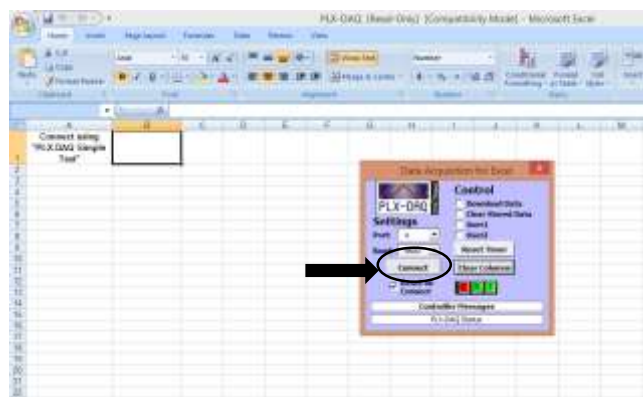
4.1.3 Pengujian Alat dengan Inti Besi Tanpa Sampel

Pengujian alat pada penelitian ini dilakukan setelah semua rangkaian selesai, baik rangkaian elektromagnet maupun rangkaian sensornya. Pengujian pertama dilakukan untuk mencari nilai medan magnet luar (H) dengan menggunakan inti kumparan berbentuk mengerucut dan berbahan dasar besi. Hal ini bertujuan untuk memperbesar nilai medan magnet yang dihasilkan.



Gambar 4.5. Kumparan penghasil electromagnet dengan inti besi berbentuk kerucut.

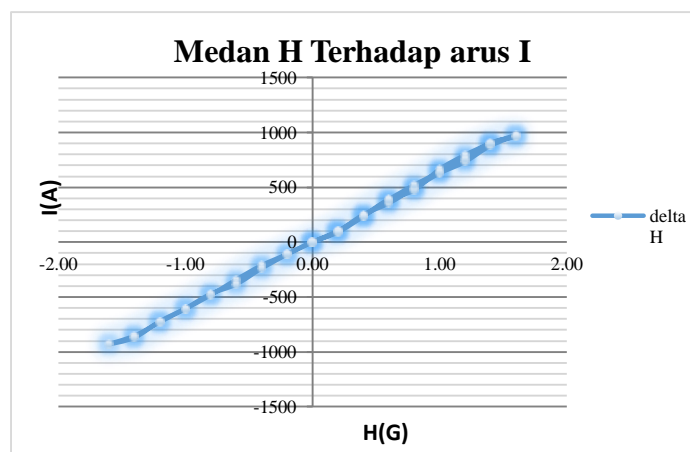
Pada pengujian ini dilakukan 3 kali pengukuran kemudian hitung nilai rata-rata dari ketiga pengukuran tersebut. Pengukuran pertama dimulai pada arus nol ($I = 0$), dengan variasi kuat arus listrik yang mengalir pada kumparan adalah $-1,8$ A hingga $1,8$ A dengan interval 0.2 A. Selanjutnya sistem akan mulai bekerja ketika tombol start pada power supply ditekan. Namun, sebelum tombol start pada power supply ditekan harus terlebih dahulu membuka aplikasi PLX-DAQ hingga muncul seperti yang ditunjukkan pada gambar 22 :



Gambar 4.6. Tampilan aplikasi PLX-DAQ pada layar Personal computer (PC).

Setelah muncul *control box* pada *spreadsheet* pastikan *port* dan *baud* sudah sesuai dengan *port* dan *baud* pada program Arduino dan tekan klik tombol *connect*. Selanjutnya tekan tombol start pada *power supply* dan PLX-DAQ akan mulai merekam data pengukuran. *Power supply* akan mengalami kenaikan secara perlahan dengan interval 0.2 A hingga mencapai arus maksimum yaitu 1.8 A kemudian akan otomatis mengalami penurunan secara perlahan dengan interval yang sama hingga nol. Kemudian untuk mendapatkan arus negative kita perlu membalik sumber arus pada *power supply*.

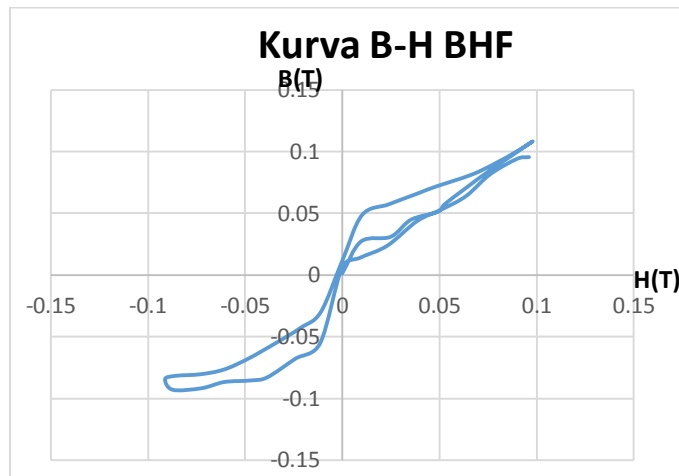
Pada pengujian pertama ini didapatkan grafik hubungan antara medan magnet eksternal (H) terhadap kuat arus (I) yang mengalir pada kumparan yang ditunjukkan pada gambar berikut :



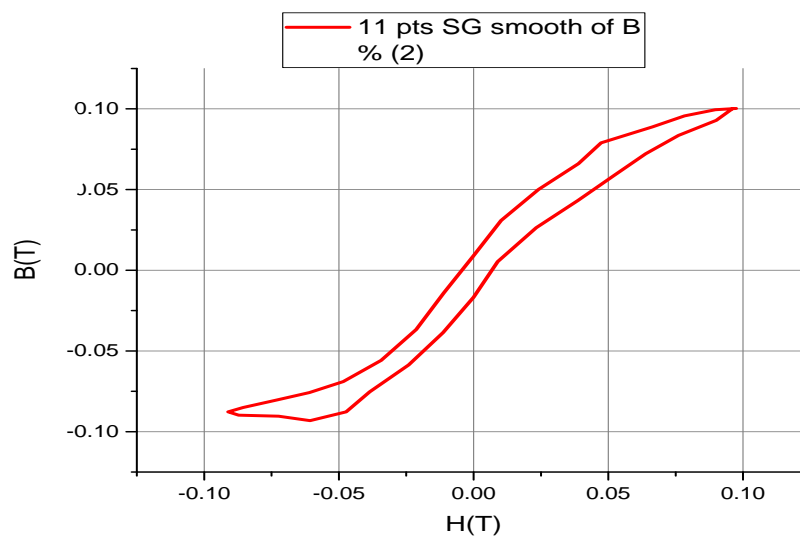
Gambar 4.7. Grafik hubungan antara medan magnet eksternal H terhadap kuat arus I .

4.1.4 Pengujian alat dengan sampel Barium Heksaferit

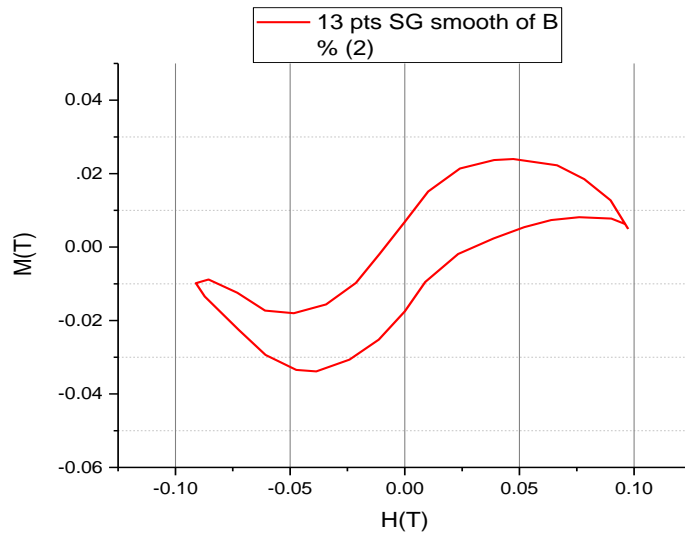
Pada pengujian ini digunakan sampel Barium Heksaferit yang dibuat dengan metode *sol gel* dengan temperatur pemanasan 1100 selama 1 jam dan massa 2 gram. Setelah data diperoleh kemudian dilakukan perhitungan menggunakan mikrosft excel dan aplikasi origin dan dipaparkan kurva medan magnet (\vec{B}) terhadap medan magnet eksternal (H), serta kurva nilai magnetisasi (M) sampel terhadap medan magnet eksternal (H) yang diperlihatkan pada gambar 24 dan gambar 25, sebagai berikut :



Gambar 4.8. Kurva histerisis antara medan magnet B pada sampel Barium heksaferrite terhadap medan magnet H yang diberikan.



Gambar 4.9. Kurva B - H untuk Barium Heksaferrite menggunakan aplikasi *origin*.



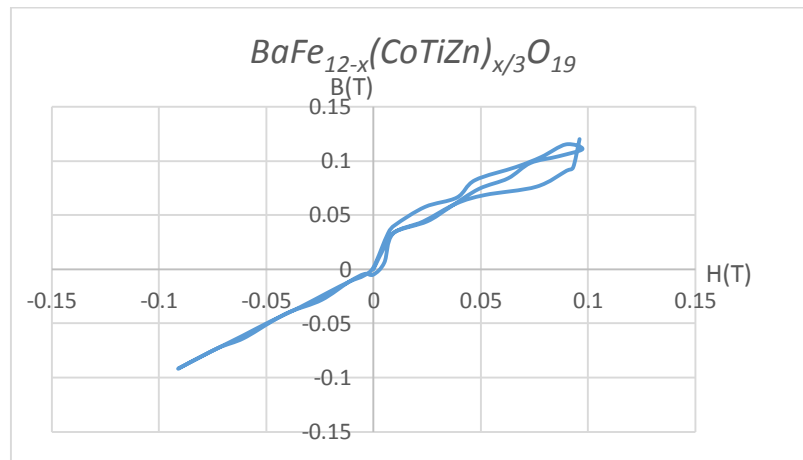
Gambar 4.10. Kurva M - H untuk Barium Heksaferrite menggunakan aplikasi *origin*.

Pada pengujian menggunakan sampel Barium Heksaferrit ini diperoleh nilai remanen (M_r) yaitu 0.0095 T dan nilai koersivitas bahan (H_c) yaitu 0.0023 T.

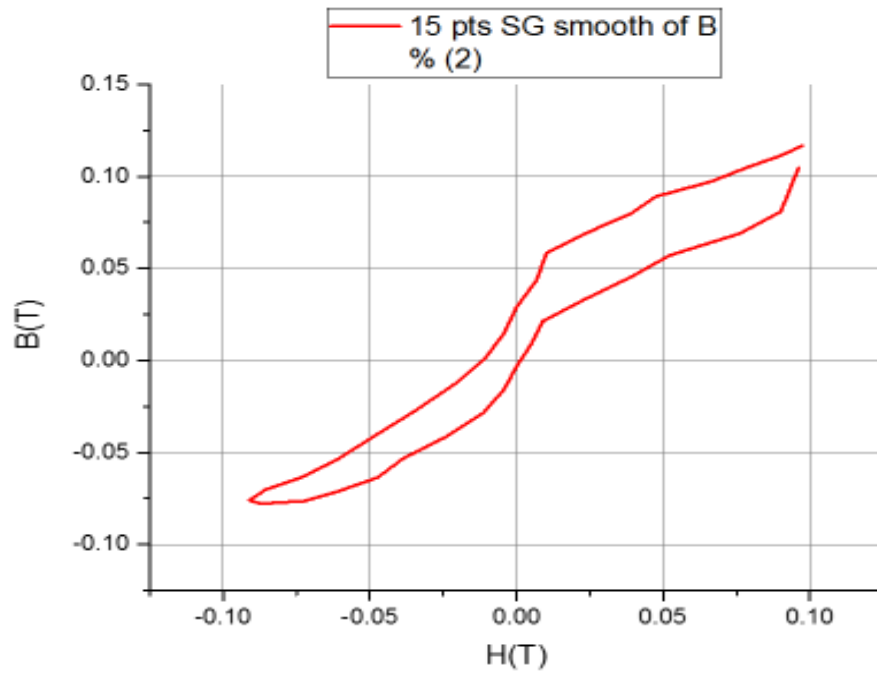
4.1.5 Pengujian alat dengan sampel Barium Heksaferrite yang tersubstitusi ion CoTiZn

Hasil pengujian sifat kemagnetan pada sampel Barium Heksaferrit tersubstitusi ion Co, Ti dan Zn dengan rumus kimia $BaFe_{12-x}(CoTiZn)_{x/3}O_{19}$ dengan variasi massa yaitu Barium Heksaferrit dengan massa 1 gr dan Barium Heksaferrit dengan massa 2 gr. Proses pengambilan data pada pengujian menggunakan sampel $BaFe_{12-x}(CoTiZn)_{x/3}O_{19}$ dilakukan secara bertahap dimulai dari sampel $BaFe_{12-x}(CoTiZn)_{x/3}O_{19}$ dengan massa 1 gr kemudian dilanjutkan dengan sampel $BaFe_{12-x}(CoTiZn)_{x/3}O_{19}$ dengan massa 2 gr.

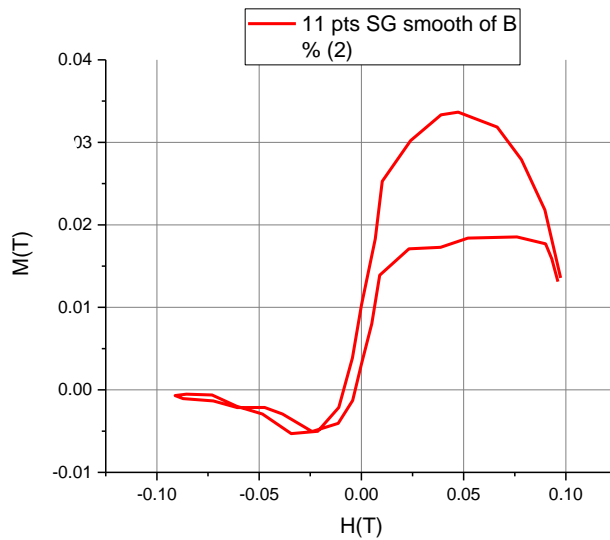
Setelah dilakukan pengambilan data, dilakukan perhitungan dan diperoleh hasil berupa grafik histeresis antara medan magnet (B) terhadap medan magnet eksternal serta grafik histeresis antara nilai magnetisasi bahan (M) terhadap medan magnet eksternal yang dibangkitkan pada sampel $BaFe_{12-x}(CoTiZn)_{x/3}O_{19}$ dengan massa 1 g, yang dapat dilihat pada gambar 4.10 – 4.12:



Gambar 4.11. Kurva B-H untuk Barium Heksaferit ($BaFe_{12-x}(CoTiZn)_{x/3}O_{19}$)
 1 g menggunakan microsoft excel.



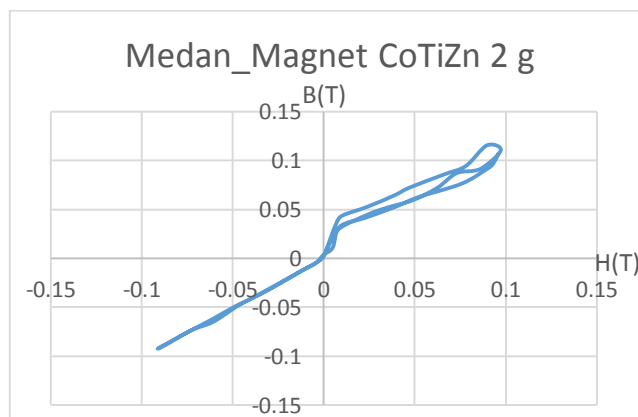
Gambar 4.12. Kurva B-H untuk Barium Heksaferite ($BaFe_{12-x}(CoTiZn)_{x/3}O_{19}$) 1 g menggunakan aplikasi origin.



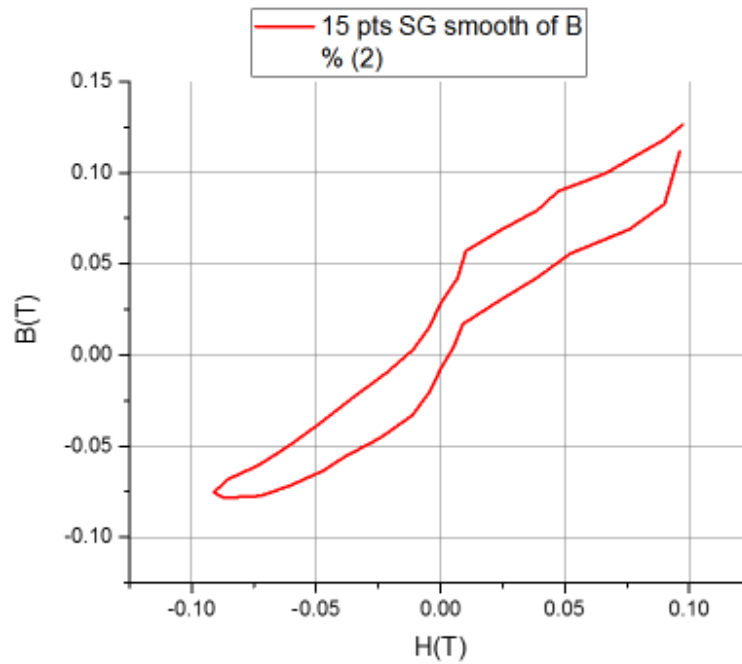
Gambar 4.13. Kurva M - H untuk Barium Heksaferit ($BaFe_{12-x}(CoTiZn)_{x/3}O_{19}$) 1 g menggunakan Origin.

Pada grafik diatas yaitu grafik histerisis antara nilai magnetisasi (M) $BaFe_{12-x}(CoTiZn)_{x/3}O_{19}$ 1 g terhadap medan magnet eksternal dapat diketahui nilai remanen bahan tersebut yaitu $M_r = 0.00178$ T dan nilai koersivitas bahan yaitu $H_c = 0.00503$ T.

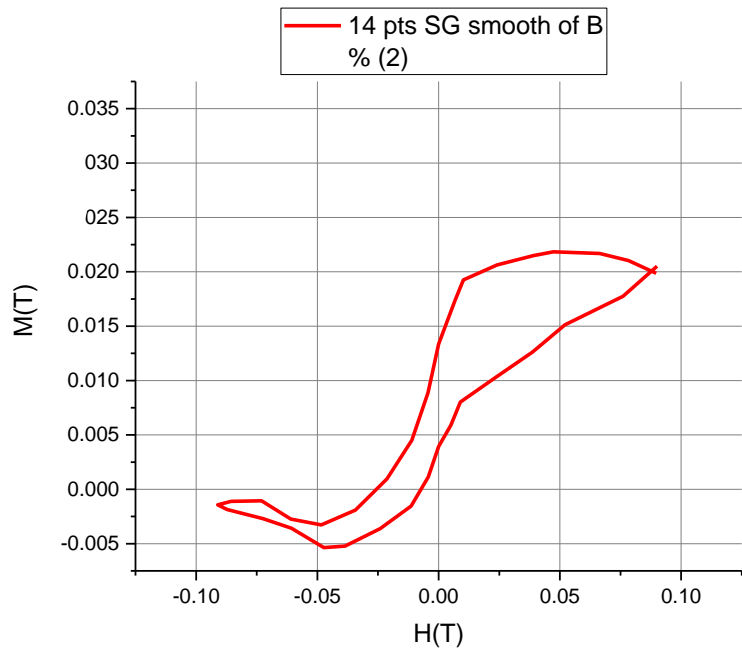
Berikutnya merupakan hasil berupa grafik histerisis antara medan magnet (B) terhadap medan magnet eksternal serta grafik histerisis antara nilai magnetisasi bahan (M) terhadap medan magnet eksternal yang dibangkitkan pada sampel $BaFe_{12-x}(CoTiZn)_{x/3}O_{19}$ dengan massa 2 gr ,yang dapat dilihat pada gambar 24,25 dan gambar 2.6 :



Gambar 4.14. Kurva B - H untuk Barium Heksaferite menggunakan microsoft excel.



Gambar 4.15. Kurva B-H untuk Barium Hexaferrite menggunakan Origin.

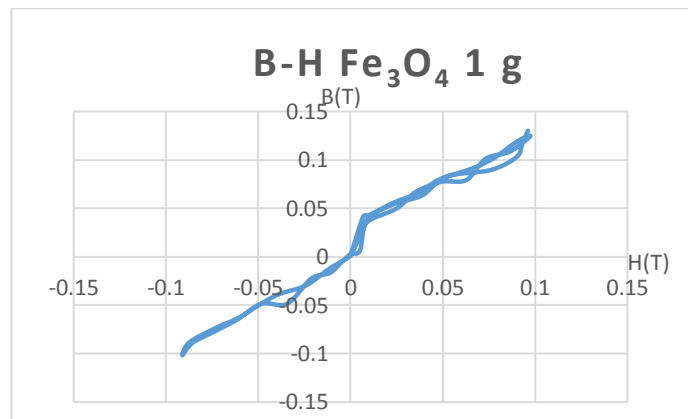


Gambar 4.16. Kurva M-H untuk Barium Hexaferrite menggunakan Origin..

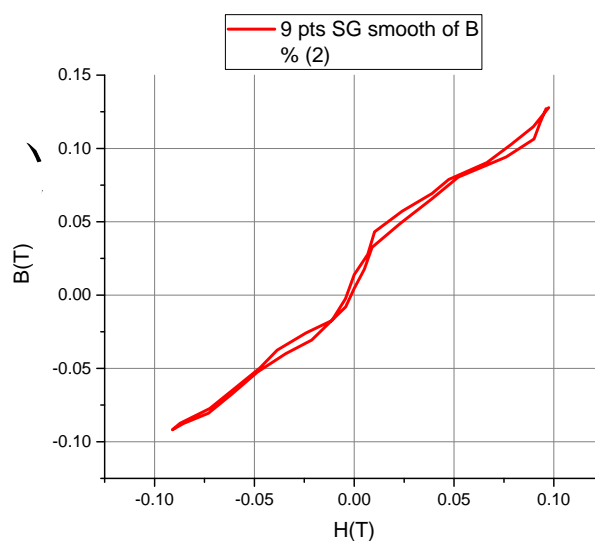
Grafik histerisis antara antara nilai magnetisasi (M) $BaFe_{12-x}(CoTiZn)_xO_{19}$ 1 g terhadap medan magnet eksternal yang ditunjukkan oleh gambar 4.15 di atas dapat menunjukkan nilai remanen bahan tersebut yaitu $M_r = 0.00375$ T dan nilai koersivitas bahan yaitu $H_c = 0.076$ T.

4.1.6 Pengujian alat dengan sampel Fe_3O_4

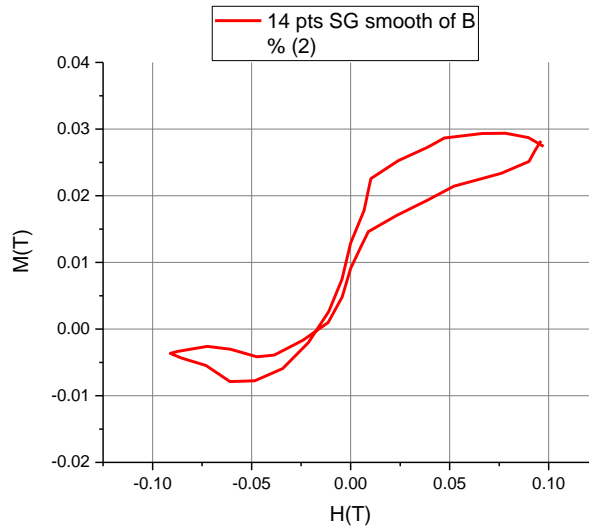
Pada pengujian ini material yang dimagnetisasi adalah Fe_3O_4 dengan variasi massa yaitu Fe_3O_4 dengan massa 1 g dan Fe_3O_4 dengan massa 2 g. Proses pengambilan data pada pengujian ini sama dengan proses pengambilan data pada pengujian alat pada kumparan tanpa sampel yaitu dengan membangkitkan medan eksternal terhadap sampel dengan cara memberikan kuat arus listrik dengan rentang -1.8 hingga 1.8 A dan dengan interval 0.2 A. Data yang diperoleh pada pengujian ini diolah menggunakan microsoft excel dan aplikasi origin. Berikut adalah kurva hubungan antara medan magnet B yang terukur terhadap medan magnet luar (H) pada masing-masing sampel Fe_3O_4 bermassa 1 g :



Gambar 4.17. Kurva B - H pada sampel Fe_3O_4 dengan massa 1 g menggunakan microsoft excel.

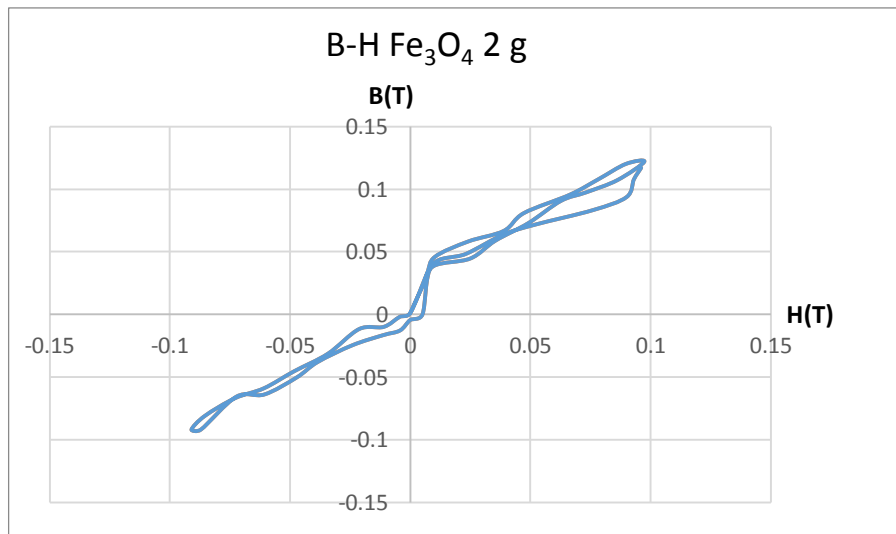


Gambar 4.18. Kurva B - H pada sampel Fe_3O_4 dengan massa 1 g.

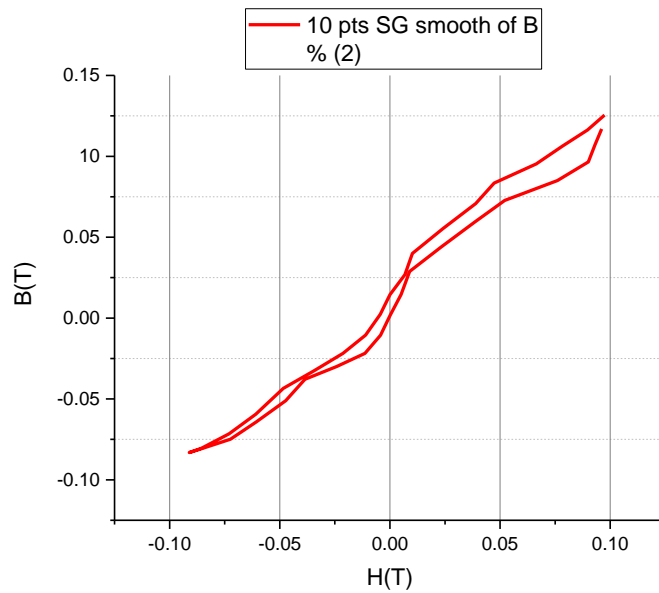


Gambar 4.19. Kurva $M-H$ pada sampel Fe_3O_4 dengan massa 1 g.

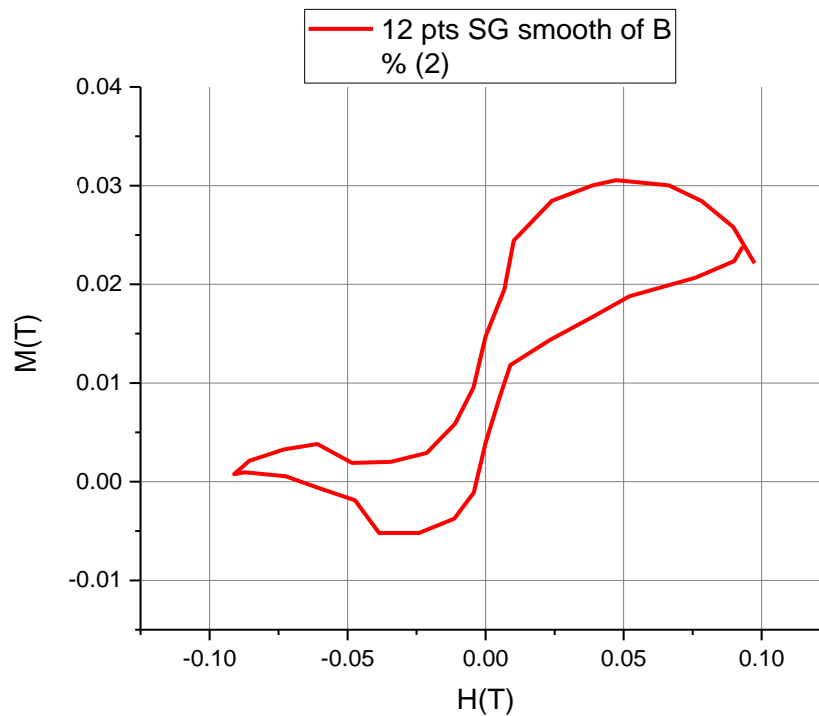
Pada pengujian alat dengan sampel Fe_3O_4 bermassa 1 g didapatkan nilai remanensi bahan dan koersivitas bahan yaitu $M_r = 0.0006408$ T dan $H_c = 0.00506$ T. Dan berikut adalah grafik histerisis $B-H-M$ hasil pengukuran dengan sampel Fe_3O_4 bermassa 2 g :



Gambar 4.20. Kurva $B-H$ pada sampel Fe_3O_4 dengan massa 2 g menggunakan mikrososft excel.



Gambar 4.21. Kurva B - H pada sampel Fe_3O_4 dengan massa 2 g menggunakan aplikasi origin.

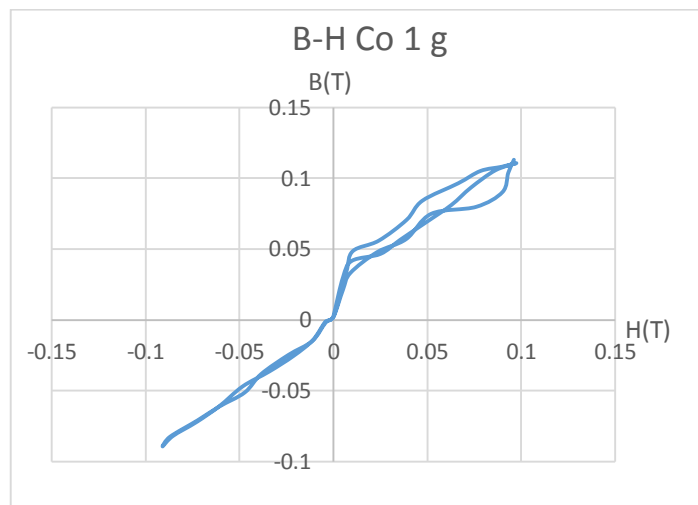


Gambar 4.22. Kurva M - H pada sampel Fe_3O_4 dengan massa 2 g.

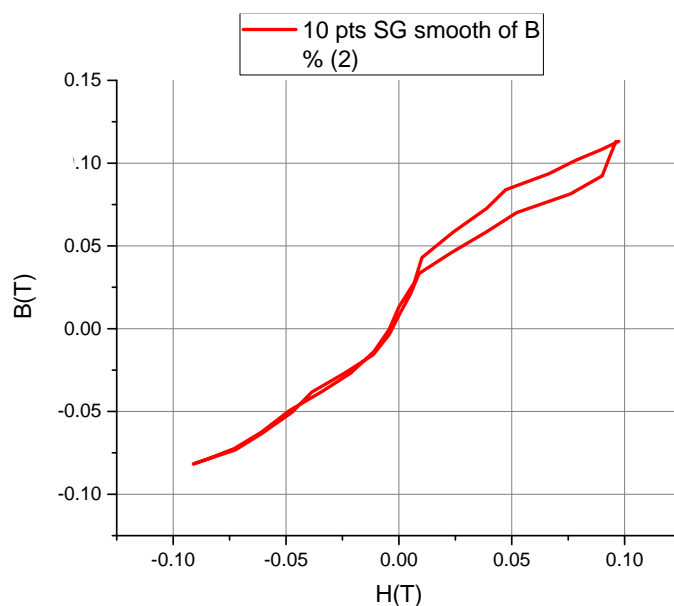
Pada pengujian ini didapatkan nilai remanensi bahan dan nilai koersivitas bahan yang dapat ditunjukkan pada grafik diatas yaitu $M_r = 0.00115$ T dan $H_c = 0.005063$ T.

4.1.7 Pengujian alat dengan sampel Cobalt (Co)

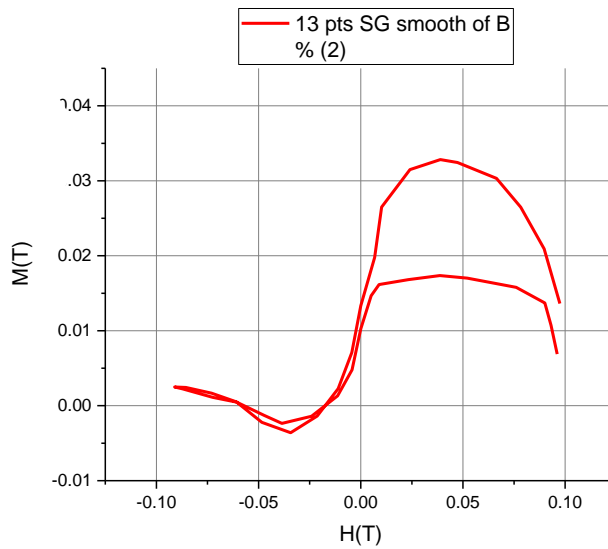
Pada pengujian ini digunakan sampel Cobalt (Co) dengan variasi massa yaitu 1 gram dan 2 gram. Pengambilan data dimulai dengan sampel Co bermassa 1 g. Kemudian dilakukan perhitungan data dengan menggunakan microsoft excel dan origin dan dipaparkan kurva medan magnet \vec{B} terhadap medan magnet eksternal (H) serta kurva Magnetisasi (M) terhadap medan magnet eksternal (H) sebagai berikut :



Gambar 4.23. Kurva B-H pada sampel Cobalt 1 gram menggunakan microsoft excel.



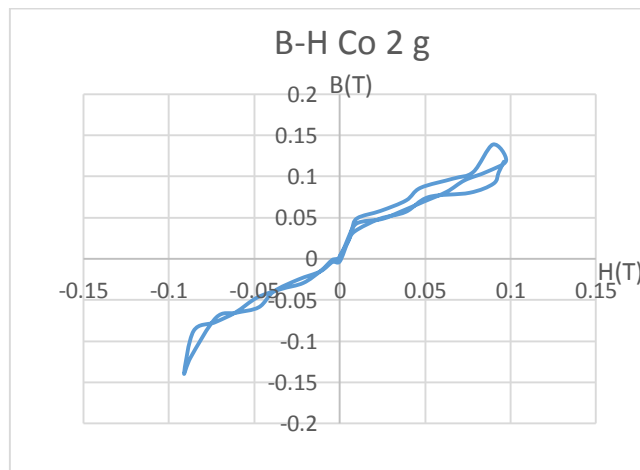
Gambar 4.24. Kurva B-H pada sampel Cobalt 1 gram menggunakan Origin



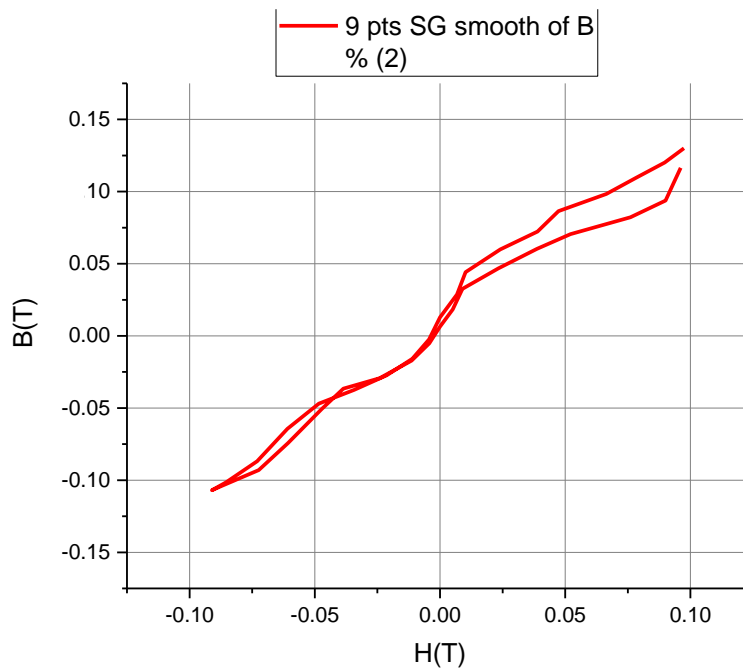
Gambar 4.25. Kurva $M-H$ pada sampel Cobalt 1 gram menggunakan *mikrosoft excel*.

Grafik di atas memperlihatkan nilai remanen dari Co yaitu $M_r = 0.00024$ T, namun pada pengujian ini nilai koersivitas bahannya tidak terlihat.

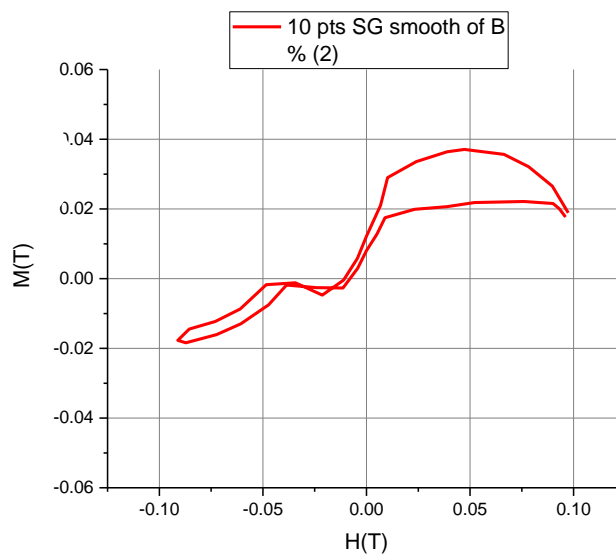
Selanjutnya pengambilan data dengan sampel Co bermassa 2 gr dan diperoleh hasil pengukuran dan perhitungan berupa grafik histerisis yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.26. Kurva $B-H$ pada sampel Cobalt 2 gram menggunakan *mikrosoft excel*.



Gambar 4.27. Kurva $B-H$ pada sampel Cobalt 2 gram menggunakan Origin.

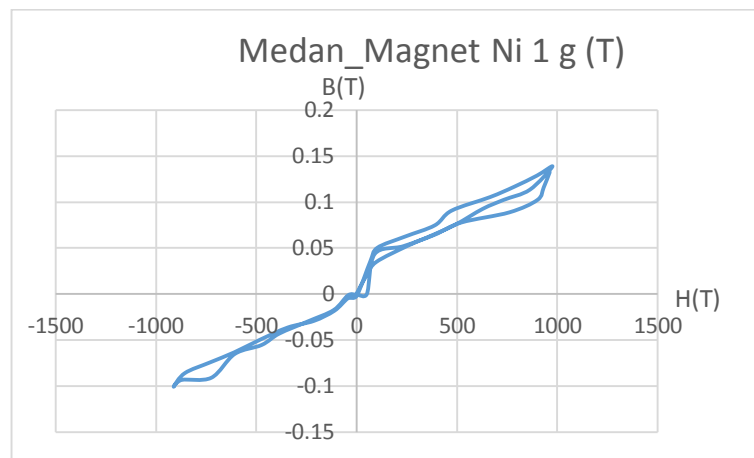


Gambar 4.28. Kurva $M-H$ pada sampel Cobalt 2 gram menggunakan Origin.

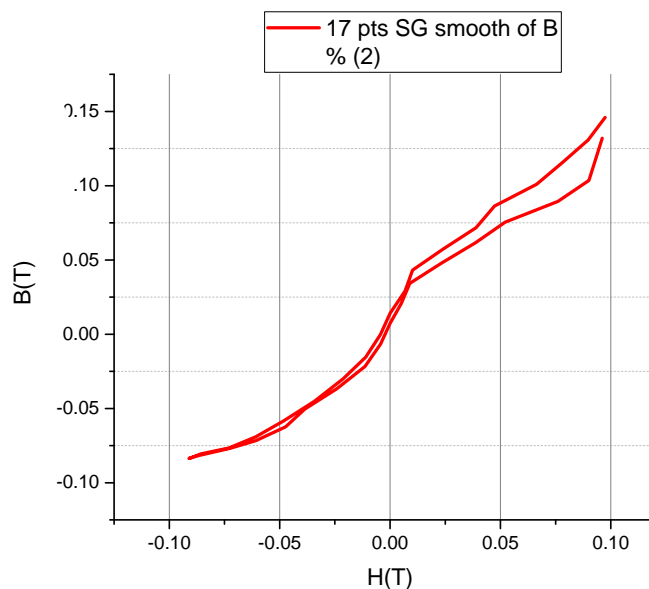
Pada pengujian alat dengan menggunakan sampel Co yang bermassa 2 g ini di peroleh nilai remanensi bahan yaitu $M_r = 0.00036$ T dan sama seperti pengujian dengan sampel Co bermassa 1 g ,nilai koersivitas bahan pada sampel ini tidak terlihat pada grafik.

4.1.8 Pengujian alat dengan sampel Nikel (Ni)

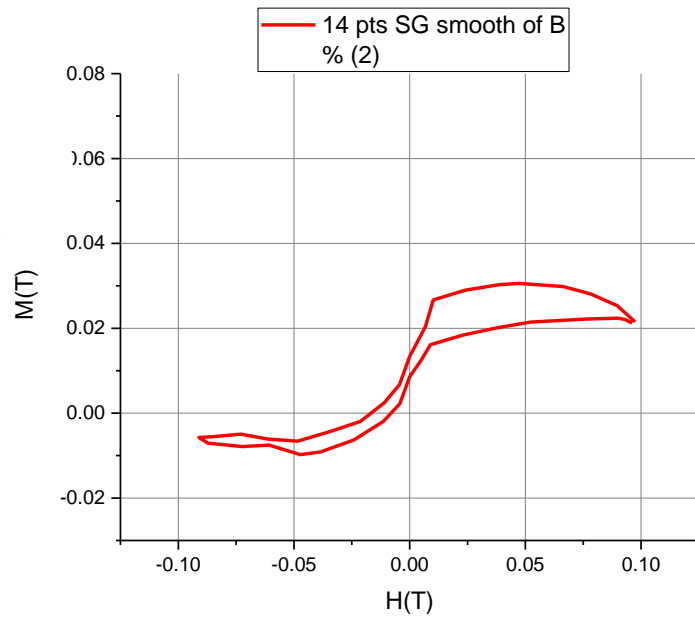
Pada pengujian ini material yang dimagnetisasi adalah Nikel (Ni) dengan variasi massa yaitu Ni dengan massa 1 g dan Ni dengan massa 2 g. Data yang diperoleh pada pengujian ini diolah menggunakan microsoft excel dan aplikasi origin. Berikut adalah grafik hubungan antara medan magnet \vec{B} yang terukur terhadap medan magnet luar (H) serta grafik hubungan antara nilai magnetisasi terhadap medan magnet eksternal pada sampel Ni bermassa 1 g :



Gambar 4.29. Kurva B terhadap medan magnet luar (H) yang dibangkitkan pada sampel Ni 1 g.

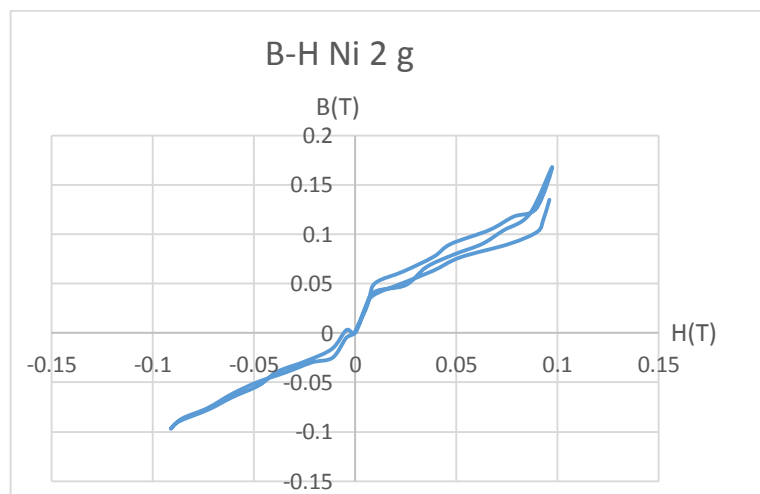


Gambar 4.30. Kurva B terhadap medan magnet luar (H) yang dibangkitkan pada sampel Ni 1 g menggunakan aplikasi origin.

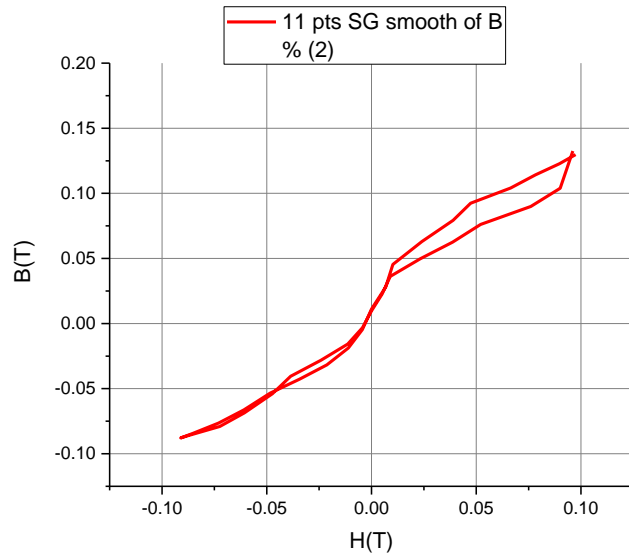


Gambar 4.31. Kurva B terhadap medan magnet luar (H) yang dibangkitkan pada sampel Ni 1 g.

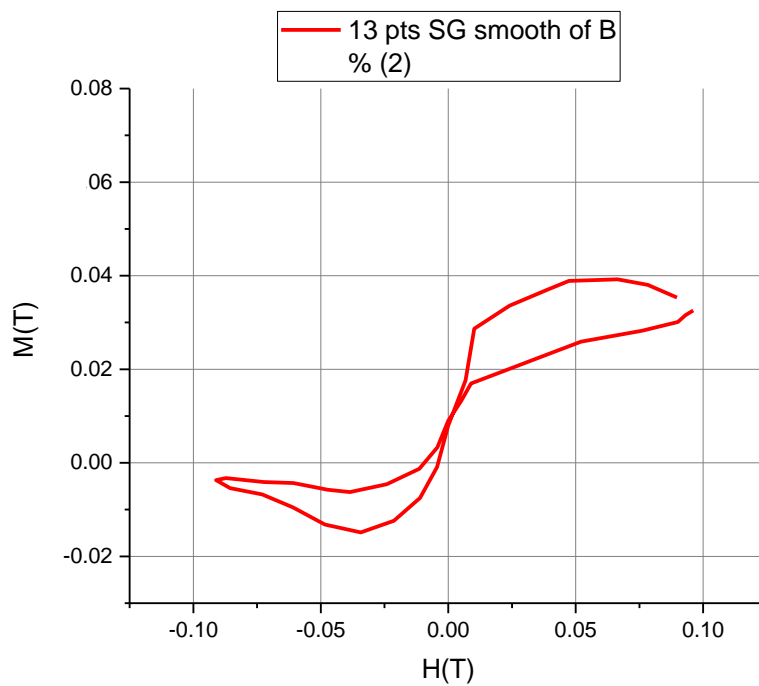
Pada pengujian ini diperoleh nilai remanensi bahan yaitu $M_r = 0.000649$ T dan sama seperti sampel Co nilai koersivitas bahan pada sampel Ni tidak terlihat. Selanjutnya pengambilan data dengan menggunakan sampel Ni bermassa 2 g dan diperlohel hasil pengukuran dan perhitungan menggunakan microsoft excel dan origin yang diperlihatkan dalam bentuk grafik histerisis, sebagai berikut :



Gambar 4.32. Kurva B terhadap medan magnet luar (H) yang diangkitkan pada sampel Ni 2 g.



Gambar 4.33. Kurva B terhadap H yang dibangkitkan pada sampel Ni 2 g menggunakan origin.

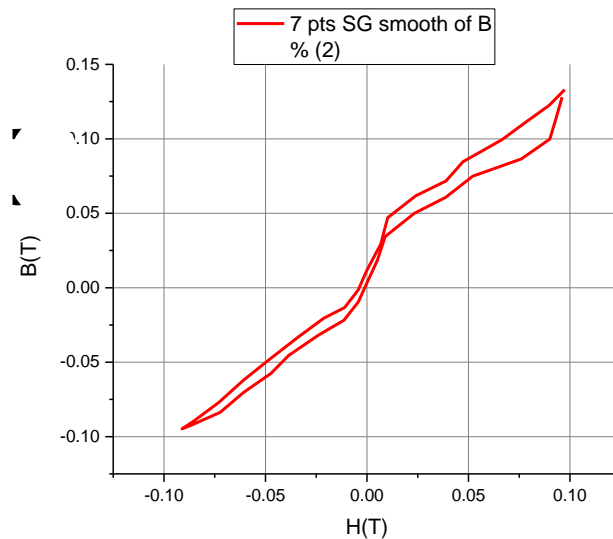


Gambar 4.34. Kurva M terhadap H yang dibangkitkan pada sampel Ni 2 g menggunakan origin.

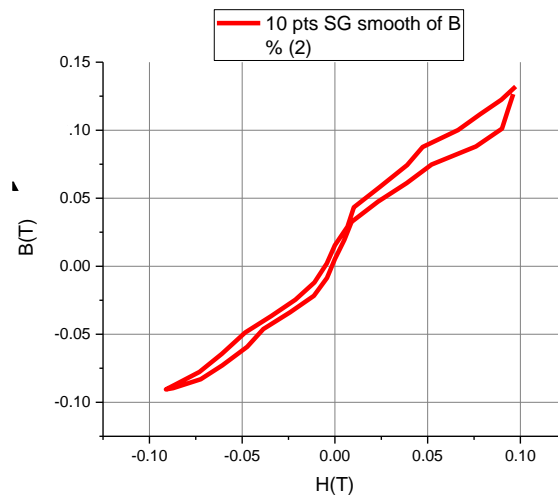
Pada pengujian alat dengan menggunakan sampel Ni bermassa 2 g ini diperoleh nilai remanensi bahan yaitu $M_r = 0.000649$ T namun tidak terlihat nilai koersivitas bahanya.

4.1.9 Pengujian alat dengan sampel $Ba_{1-x}Ca_xFe_{12}O_{19}$

Pengambilan data dilakukan menggunakan sampel $Ba_{1-x}Ca_xFe_{12}O_{19}$ dengan variasi $x = 0$ dan $x = 0.1$, setelah data diperoleh dilakukan perhitungan dan didapatkan hasil berupa grafik hubungan antara medan magnet \vec{B} terhadap medan magnet eksternal (H), sebagai berikut :

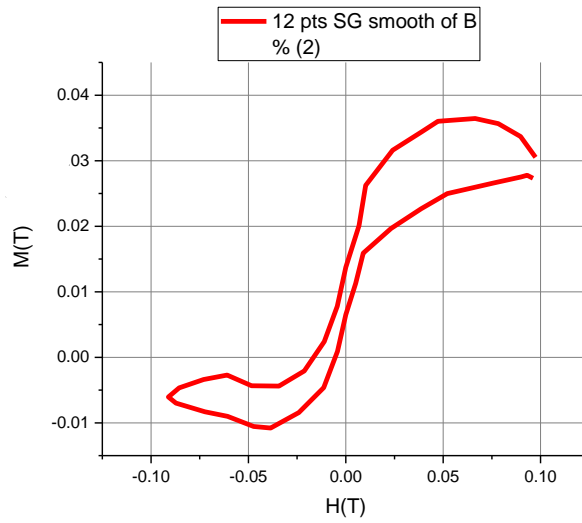


Gambar 4.35. Kurva $B-H$ pada sampel $Ba_{1-x}Ca_xFe_{12}O_{19}$ $x = 0$.

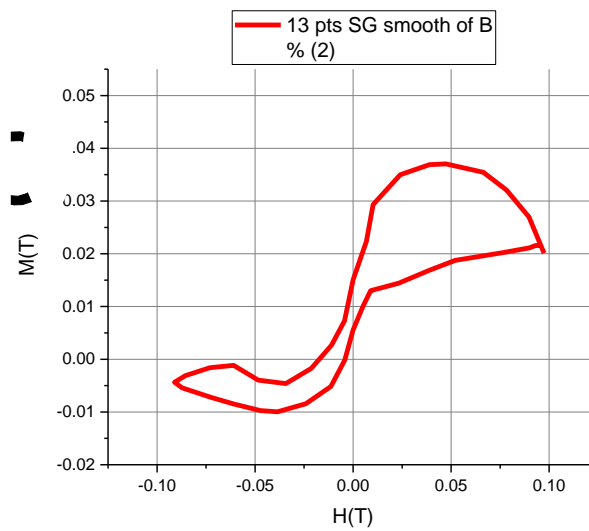


Gambar 4.36. Kurva $B-H$ pada sampel $Ba_{1-x}Ca_xFe_{12}O_{19}$ $x = 0.1$.

Dan diperoleh hasil berupa grafik hubungan antara nilai magnetisasi material manet (M) terhadap medan magnet eksternal, sebagai berikut :



Gambar 4.37. Kurva $M-H$ pada sampel $Ba_{1-x}Ca_xFe_{12}O_{19}$ $x = 0$.



Gambar 4.38. Kurva $M-H$ pada sampel $Ba_{1-x}Ca_xFe_{12}O_{19}$ $x = 0.1$.

Berdasarkan grafik yang didapatkan didapatkan nilai remanen kedua sampel di atas diperlihatkan pada table berikut ini :

Tabel 4.1 Nilai remanen (M_r)

Sampel	M_r (T)
Ba_{1-x}Ca_xFe₁₂O₁₉ x = 1	0.000773
Ba_{1-x}Ca_xFe₁₂O₁₉ x = 2	0.000021

4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisa karakteristik sensor UGN3503 dalam sistem pengukuran medan magnet untuk mengetahui sifat bahan magnet

Berdasarkan data dan grafik yang didapatkan pada tahap kalibrasi sensor dan pengujian alat, menunjukkan bahwa karakteristik dari sensor UGN3503 ini cukup baik digunakan untuk membuat alat pengukuran sifat bahan magnet. Hal tersebut dapat kita lihat pada grafik hubungan antara medan magnet eksternal terhadap kuat arus listrik yang mengalir pada kumparan bahwa medan magnet eksternal (H) berbanding lurus terhadap kuat arus listrik yang mengalir pada kumparan. Dimana ketika kuat arus listrik bertambah maka, medan magnet yang dihasilkan oleh kumparanpun akan bertambah, begitupun sebaliknya. Pada saat diberikan arus negatif nilainya juga berbanding lurus ketika arus listrik diberikan mulai dari 0 hingga -1,8 A kuat medan magnet akan semakin menurun seiring dengan menurunnya kuat arus listrik yang mengalir.

Hal ini sesuai dengan hukum Biot-Savart dimana "*besar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan berbanding lurus dengan kuat arus listrik yang mengalir pada kumparan tersebut ($H \sim I$)*".

Pada grafik hubungan antara tegangan keluaran sensor terhadap nilai medan magnet ukur (gaussmeter) pada proses kalibrasi, serta pada grafik hubungan antara medan magnet eksternal terhadap kuat arus listrik yang mengalir pada kumparan didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) lebih dari 0.95 % yaitu $R^2 = 1$ pada proses kalibrasi dan $R^2 = 0.9985$ % pada grafik hubungan antara medan magnet eksternal terhadap kuat arus listrik pada proses pengujian alat tanpa sampel. Hal tersebut menunjukkan bahwa data yang dihasilkan sudah cukup baik karena berdasarkan literatur yang ada, data akan semakin baik jika koefisien determinasinya (R^2) lebih dari 0.95%.

4.2.2 Analisa grafik untuk material bersifat *hard* magnet dan *soft* magnet dalam pengukuran sifat bahan magnet dengan sensor efek hall UGN3503

Pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan menggunakan 5 macam sampel dari golongan feromagnetik. Namun, dari kelima sampel tersebut terdapat

2 jenis sampel yang bersifat hard magnet yaitu Barium Heksaferit dan Fe_3O_4 . Hal ini dibuktikan dengan membedakan antara grafik yang diperoleh pada proses magnetisasi sampel Fe_3O_4 , Barium heksaferit yang dibuat dengan metode *sol gel* dengan temperatur pemanasan 1100 selama 1 jam bermassa 2 gram serta Barium Heksaferit tersubstitusi ion Co, Ti dan Zn dengan rumus kimia $\text{BaFe}_{12-x}(\text{CoTiZn})_x\text{O}_{19}$ dengan grafik yang diperoleh pada proses magnetisasi sampel Ni dan Co.

Pada proses magnetisasi sampel sampel Fe_3O_4 , Barium heksaferit yang dibuat dengan metode *sol gel* dengan temperatur pemanasan 1100 selama 1 jam bermassa 2 gram serta Barium Heksaferit tersubstitusi ion Co, Ti dan Zn dengan rumus kimia $\text{BaFe}_{12-x}(\text{CoTiZn})_x\text{O}_{19}$ menghasilkan kurva M-H yang lebih gemuk dibandingkan dengan kurva M-H yang dihasilkan pada proses magnetisasi sampel Co dan Ni yang tergolong material magnet yang bersifat *soft magnet*.

Tidak hanya ditunjukkan dengan bentuk kurva yang didapatkan tetapi juga dapat dilihat dari nilai remanensi bahan dan koersivitas bahan yang didapat. Nilai remanensi dan koersivitas bahan pada sampel Fe_3O_4 , Barium heksaferit yang dibuat dengan metode *sol gel* dengan temperatur pemanasan 1100 selama 1 jam bermassa 2 gram serta Barium Heksaferit tersubstitusi ion Co, Ti dan Zn dengan rumus kimia $\text{BaFe}_{12-x}(\text{CoTiZn})_x\text{O}_{19}$ lebih besar dibandingkan dengan nilai remanensi dan koersivitas bahan pada sampel Co dan Ni yang merupakan material *soft magnet*.

4.2.3 Analisa keberhasilan alat

Pengembangan alat pengukuran sifat magnetik material menunjukkan bahwa system pengukuran kuat magnet menggunakan sensor efek *Hall* UGN3503 dapat bekerja dengan baik dengan nilai kesalahan relative 2.992% dan ketelitian 1.256 mV/G dan nilai koefisien determinasi (R^2) lebih dari 0.95 % yaitu $R^2 = 1$ pada proses kalibrasi. Namun, pada penelitian ini medan magnet (M_s) saturasi tidak bisa didapatkan dikarenakan kuat arus listrik yang terbatas hanya mencapai 1,8 A saja serta jumlah lilitan pada kumparan yang terbatas pula. Sedangkan untuk mendapatkan medan magnet saturasi dibutuhkan kuat arus listrik yang cukup tinggi serta lilitan yang lebih banyak lagi.

BAB V

PENUTUP

5.2 Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang paparkan pada bab sebelumnya didapatkan beberapa kesimpulan pada penelitian ini, yaitu :

1. Alat pengukuran sifat magnetik material magnet ini dapat bekerja dengan baik pada arus input 0 hingga 1,8 A pada arus positif dan -1,8 A hingga 0 pada arus negatif.
2. Kurva histerisis yang dihasilkan pada pengujian menggunakan sampel Barium Heksaferit dan Fe_3O_4 menunjukkan bahwa material tersebut tergolong material feromagnetik yang termasuk material *hard magnet*.
3. Material Ni dan Co merupakan material feromagnetik yang tergolong dalam material *soft magnet*.
4. Pada penelitian ini tidak didapatkan medan magnetisasi saturasi (M_s) karena kuat arus listrik yang mengalir pada kumparan tidak stabil serta terbatas hingga 1,8 A saja.

5.3 Saran

1. Untuk mendapatkan nilai medan magnetisasi saturasi (M_r) sebaiknya menggunakan power supply yang dapat memberikan kuat arus listrik tinggi (lebih dari 2,5 A) sehingga material magnet mengalami saturasi.
2. Pada proses magnetisasi sebaiknya sensor magnet diletakkan tepat menempel dengan material magnet yang dimagnetisasi dan usahakan tidak bergeser agar nilai medan magnet yang terbaca pada sensor terus stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zein,M.Khoirul.(2006). *“Rancang Bangun dan Karakterisasi Induktor Elektromagnet Medan Tinggi”*. Universitas Negeri Semarang.
- [2] Jiles,D.,1998.*Introduction to Magnetism and Magnetic Material 2nd Edition*.Chapman & Hall/CRC.New York,USA.
- [3] Arifin.2007. *‘Pembuatan Alat Ukur Medan Magnet pada Kumputan Berarus Menggunakan Sensor Magnetik UGN3503 Berbasis Mikrokontroler AT89S51’*.
- [4] Widodo,A.G; dkk.2014. *“Penggunaan Sensor Medan Magnet Tunggal Berbasis Efek Hall dalam Pengembangan Alat Ukur Histerisis Magnet untuk Material Magnet Lemah”*.Prosiding Seminar Nasional Pendidikan dan Sains Universitas Islam Walisongo Salatiga.
- [5] Boll,Richard,J.Kenneth.(July 1989). *“Magnetic Sensor,Volume 5,A Comprehensive Survey”*.VCH Verlagsgesellschaft mbH
- [6] Lisnasari,Yovita.(2010). *“Rancang Bangun Sensor Magnetik Berdasarkan Metode Induksi Sebagai Teslameter”*. Universitas Sebelas Maret:Surakarta.
- [7] Riyanti,A.,Suryono. & Suseno,J.E.(2009). *“Karakterisasi Sensor Magnetik Efek Hall UGN3503 Terhadap Sumber Magnet dan Implementasinya pada Pengukuran Massa”*. Berkala Fisika,Vol 12. , No.1, Januari 2009, hal.
- [8] Yulastri.2009. *“Aplikasi Sensor UGN3505 Sebagai Pendeteksi Medan Magnet”*.Politeknik Negeri Padang.Vol.1 No.1.
- [9] Hermanto,Bambang, Wismogroho,A. S.(2013). *“Studi Awal Pengembangan Alat Ukur Histerisis Magnet Menggunakan Efek Hall Tunggal Secara Manual”*. SEMINAR NASIONAL 2nd Lontar Physics Forum 2013. ISBN:978-602-8047-80-7.
- [10] Halliday, D dan Resnick, R. 1978. *Fisika jilid 2*. Terjemahan Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. 1992. Jakarta: Erlangga.
- [11]Cooper,C.,2009.*Materi Fisikal Volume Magnetisme*.Pakar Raya.Bandung.
- [12] Halliday, D dan Resnick, R. 1978. *Fisika jilid 2*. Terjemahan Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. 1992. Jakarta: Erlangga.

- [13] Serway, R., 1995. *Physics for Scientist and Engineering with Modern Physics*. New York, USA: Prentice Hall pub..
- [14] Bolton, W., 2004. *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol*. s.l.:Erlangga.
- [15] Yusuf, E., 2012. “*Tugas Pengukuran & Instrumentasi pada Sistem Tenaga Ep 6071 ; Pengukuran Medan Magnet*”.
- [16] Indrasari, W., Djamal, M. & U., 2012. “*Karakteristik Sensor Magnetik Fluxgate Kumparan Sekunder Ganda Menggunakan Elemen Sensor Multi-Core*”. *Seminar Nasional Fisika*.
- [17] Wisodo, H. et al., 2015. “*Peran Vorteks pada Prinsip Kerja SQUID berdasarkan Model Ginzburg - Landau Termodifikasi*”.
- [18] Hasibuan, F. A., Pardede, I. & Suharyadi, E., 2015. “*Kajian Magnetoresistansi pada Nanopartikel Magnetite (Fe_3O_4) yang Dienkapsulasi dengan Polyethylene Glycole (PEG) dan Biomaterial dengan Sensor Lapisan Tipis Co/Cu Multilayer Berbasis Giant Magnetoresistance (GMR)*”.
- [19] Serway, R., 1995. *Physics for Scientist and Engineering with Modern Physics*. New York, USA: Prentice Hall pub..
- [20] Giancoli, D., 1998. *Physics*.
- [21] Haromain, I., 2010. “*Rancang Bangun Sistem Pengukuran Medan Magnet Berbasis Mikrokontroler*”. Universitas Indonesia.
- [22] Margolis, M. 2011. “*Arduino Cookbook Second Edition*”. United States of Amerika: O'Reilly Media, Inc.
- [23] Warsito, Wahyudi J., Pauzi, G.A. (20 Februari 2013). “*Desain dan Karakterisasi Penggunaan Sensor Efek Hall UGN3503 untuk Mengukur Arus Listrik pada Kumparan Leybold P6271 Secara Non Destruktif*”. *JURNAL Teori dan Aplikasi Fisika Universitas Lampung*. Vol.01, No. 02, Juli 2013.
- [24] Hermanto, Bambang, Wismogroho, A. S. (2013). “*Studi Awal Pengembangan Alat Ukur Histerisis Magnet Menggunakan Efek Hall Tunggal Secara Manual*”. *SEMINAR NASIONAL 2nd Lontar Physics Forum 2013*. ISBN:978-602-8047-80-7.

- [25] Arana, S.; Castaño, E.; Gracia, F.J. *High temperature circular position sensor based on a giant magnetoresistance nanogranular Ag_xCo_{1-x} alloy*. IEEE Sens. J. 2004, 4, 221–225.
- [26] Zikrie, Muhammad, dkk. (2016). “*Model Monitoring Gardu Listrik Menggunakan GSM Shield dan Sensor Voltage Berbasis Arduino Uno*”. FMIPA Universitas Pakuan.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Data Pengukuran

Tabel 1. Data tegangan keluaran sensor UGN3503 dan Gaussmeter

I in	V out sensor	B Gauss
0	2.4633	0
0.2	2.46575	3.334
0.4	2.4682	6.4334
0.6	2.47065	9.4667
0.8	2.4731	12.6334
1	2.4755	15.7
1.2	2.478	18.7
1.4	2.48045	21.7334
1.6	2.48535	24.7334
1.8	2.49025	27.8667
2	2.49515	31

Tabel 4. Data pengujian tanpa sampel dan menggunakan sampel material ferromagnetik

I(A)	H(T)	B(T) Fe₃O₄ 1 gr	B(T) Fe₃O₄ 2 gr	B(T) Co 1 gr	B(T) Co 2 gr
0	0	0.00064961	0.001152	0.003037	0.003665
0.2	0.005023	0.02024945	0.022134	0.030049	0.0215059
0.4	0.009725	0.03683393	0.038719	0.041734	0.0427185
0.6	0.024973	0.04977485	0.044749	0.046634	0.0485185
0.8	0.035373	0.06686189	0.058947	0.056434	0.057062
1.0	0.049127	0.07729001	0.073018	0.068746	0.0693747
1.2	0.062736	0.07917461	0.090859	0.081059	0.081431
1.4	0.0732	0.10128725	0.097644	0.093372	0.0953745
1.6	0.086239	0.10844873	0.107444	0.105559	0.1057308

1.8	0.097432	0.12465629	0.122143	0.110585	0.1191281
1.6	0.08974	0.11849993	0.120385	0.108072	0.138728
1.4	0.078259	0.10254365	0.108072	0.105056	0.1054283
1.2	0.066422	0.09148733	0.095759	0.096387	0.0973719
1.0	0.047283	0.07917461	0.081059	0.084075	0.0861593
10.8	0.038933	0.06686189	0.066862	0.070631	0.0710029
0.6	0.024052	0.05643377	0.058318	0.055931	0.0583184
0.4	0.010194	0.04299029	0.046006	0.048518	0.0492467
0.2	0.006788	0.04110569	0.031934	0.033819	0.0341904
0	0	0.00240857	0.001152	0.002409	0.0024086
-0.2	-0.00438	-0.00487343	-0.00186	-0.00123	-0.001235
-0.4	-0.01106	-0.01676315	-0.0099	-0.01418	-0.014376
-0.6	-0.02129	-0.02271943	-0.01166	-0.02523	-0.0290759
-0.8	-0.03431	-0.04866035	-0.03139	-0.03629	-0.0364886
-1.0	-0.04842	-0.04874487	-0.04546	-0.04672	-0.0469168
-1.2	-0.06096	-0.06455755	-0.05903	-0.06079	-0.0648321
-1.4	-0.073	-0.07674463	-0.06694	-0.07184	-0.0767884
-1.6	-0.08557	-0.08905735	-0.08114	-0.08164	-0.0873728
-1.8	-0.09111	-0.10199827	-0.09207	-0.08906	-0.138728
-1.6	-0.0872	-0.08842915	-0.09207	-0.08227	-0.1191281
-1.4	-0.07236	-0.07310107	-0.06569	-0.07059	-0.0710857
-1.2	-0.06071	-0.06330115	-0.06393	-0.06079	-0.0652602
-1.0	-0.04729	-0.04734487	-0.05036	-0.05099	-0.0584756
-0.8	-0.03859	-0.03867571	-0.03805	-0.03805	-0.0394193
-0.6	-0.02412	-0.0297583	-0.0246	-0.0246	-0.0248604
-0.4	-0.01136	-0.01229131	-0.01656	-0.0148	-0.0151759
-0.2	-0.00427	-0.0043499	-0.01279	-0.00186	-0.0037478
0	0	0.00249139	-0.00438	0.002409	-0.0031196
0.2	0.005063	0.00592137	2.14E-05	0.021506	0.0219931
0.4	0.008961	0.03809033	0.039221	0.03319	0.0336929
0.6	0.023231	0.05404661	0.048518	0.04789	0.0485185
0.8	0.038687	0.06321833	0.063847	0.057062	0.057062
1.0	0.052075	0.08281817	0.071887	0.074903	0.0750183

1.2	0.076042	0.08960273	0.083446	0.079803	0.0801746
1.4	0.090044	0.10317185	0.093874	0.090231	0.0912745
1.6	0.0931	0.11724353	0.108072	0.1038	0.1048309
1.8	0.0961	0.13018445	0.117244	0.112972	0.1178717

Tabel 5. Data magnetik sampel

I(A)	H(T)	B CoTiZn (T)	B CoTiZn (T)	B Ni 1 gr (T)	B Ni 2 gr (T)
0	0	0.00002141	0.00178	0.00065	0.00064961
0.2	0.005023	0.02024945	0.020878	0.020878	0.02276225
0.4	0.009725	0.03432113	0.031934	0.034949	0.04173389
0.6	0.024973	0.04424669	0.045377	0.052162	0.04851845
0.8	0.035373	0.05706197	0.052162	0.061962	0.06698753
1.0	0.049127	0.07427465	0.059575	0.075531	0.07980281
1.2	0.062736	0.08407457	0.07239	0.092744	0.09023093
1.4	0.0732	0.09827189	0.087216	0.102544	0.10380005
1.6	0.086239	0.10442825	0.091487	0.1136	0.12038453
1.8	0.097432	0.11108717	0.110459	0.138728	0.16825337
1.6	0.08974	0.11548457	0.115485	0.128928	0.12654089
1.4	0.078259	0.10380005	0.094503	0.116615	0.11787173
1.2	0.066422	0.09450269	0.085959	0.105559	0.10442825
1.0	0.047283	0.08231561	0.07239	0.090859	0.09023093
10.8	0.038933	0.06635933	0.064475	0.074903	0.07741565
0.6	0.024052	0.05769017	0.05279	0.06259	0.06259013
0.4	0.010194	0.04110569	0.043618	0.050277	0.05103125
0.2	0.006788	0.03319037	0.034949	0.035578	0.03494933
0	0	0.00178037	0.002493	-0.00186	0.00127781
-0.2	-0.00438	-0.00574779	-0.00461	-0.00457	-0.00486068
-0.4	-0.01106	-0.01126315	-0.01155	-0.01802	-0.02487855
-0.6	-0.02129	-0.02156307	-0.02266	-0.02908	-0.02970407
-0.8	-0.03431	-0.03513219	-0.03608	-0.03629	-0.03989115
-1.0	-0.04842	-0.04854763	-0.04876	-0.04989	-0.04983207
-1.2	-0.06096	-0.06140395	-0.06179	-0.06331	-0.06178835

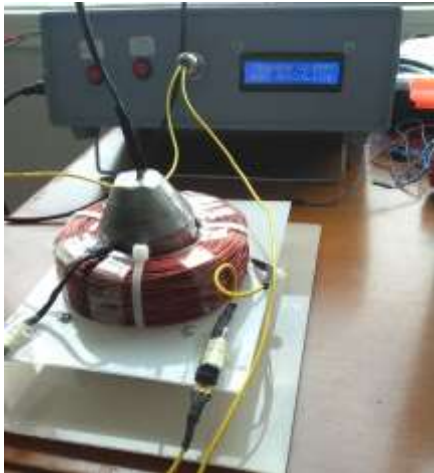
-1.4	-0.073	-0.07330115	-0.0735	-0.07424	-0.07611643
-1.6	-0.08557	-0.08604463	-0.08624	-0.08591	-0.08664459
-1.8	-0.09111	-0.09194195	-0.09203	-0.10074	-0.09697267
-1.6	-0.0872	-0.08790099	-0.08857	-0.09333	-0.08968555
-1.4	-0.07236	-0.07272927	-0.07299	-0.09094	-0.07737283
-1.2	-0.06071	-0.06392935	-0.06473	-0.06506	-0.06506011
-1.0	-0.04729	-0.04807563	-0.04852	-0.05526	-0.05274739
-0.8	-0.03859	-0.03901675	-0.03976	-0.04295	-0.03930391
-0.6	-0.02412	-0.02824759	-0.02496	-0.0295	-0.02824759
-0.4	-0.01136	-0.01153487	-0.01171	-0.01719	-0.01593487
-0.2	-0.00427	-0.00437599	-0.00461	-0.00123	0.00303677
0	0	-0.00487855	0.00375	-0.00061	0.00002141
0.2	0.005063	0.00617777	0.011152	2.14E-05	0.02452121
0.4	0.008961	0.03256217	0.032562	0.043618	0.03809033
0.6	0.023231	0.04424669	0.041734	0.052162	0.05040305
0.8	0.038687	0.06083117	0.052162	0.064475	0.06321833
1.0	0.052075	0.06874649	0.06259	0.077918	0.07678745
1.2	0.076042	0.07637193	0.076531	0.088975	0.09023093
1.4	0.090044	0.09113089	0.091687	0.102544	0.10254365
1.6	0.0931	0.09417185	0.096387	0.115987	0.11485637
1.8	0.0961	0.12038453	0.106815	0.132572	0.13508441

H(T)	M(T) Co 1 g	M(T) Co 2 g	M(T) Fe3O4 1 g	M(T) Fe3O4 2 g	M (T) Co Ti Zn 1 gr	M (T) CoTiZn 2 g	M(T) Ni 1 g	M (T) Ni 2 g
0	0.003037	0.003665	0.00065	0.001152	0.00002141	0.00178	0.00064961	0.00064961
0.005023	0.025026	0.016483	0.015226	0.017111	0.01522635	0.015855	0.01585455	0.01773915
0.009725	0.032009	0.032994	0.027109	0.028994	0.02459659	0.022209	0.02522479	0.032009354
0.024973	0.021661	0.023545	0.024802	0.019776	0.01927365	0.020404	0.02718897	0.02354541
0.035373	0.021061	0.021689	0.031489	0.023574	0.02168928	0.016789	0.02658924	0.03161484
0.049127	0.019619	0.020247	0.028163	0.023891	0.02514732	0.010448	0.02640372	0.03067548
0.062736	0.018323	0.018695	0.016438	0.028123	0.02133833	0.009654	0.03000749	0.02749469
0.0732	0.020172	0.022174	0.028087	0.024443	0.02507151	0.014016	0.02934327	0.03059967
0.086239	0.01932	0.019492	0.022209	0.021204	0.01818895	0.005248	0.02736067	0.03414523
0.097432	0.013153	0.021696	0.027225	0.024712	0.01365544	0.013027	0.04129624	0.07082164
0.08974	0.018331	0.048988	0.028759	0.030644	0.02574411	0.025745	0.03918759	0.03680043
0.078259	0.026798	0.02717	0.024285	0.029813	0.02554141	0.016244	0.03835669	0.03961309
0.066422	0.029966	0.03095	0.025066	0.029337	0.02808101	0.019537	0.03913733	0.03800657
0.047283	0.036791	0.038876	0.031891	0.033776	0.03503225	0.025107	0.04357577	0.04294757
0.038933	0.031698	0.03207	0.027929	0.027929	0.02742601	0.025542	0.03596953	0.03848233
0.024052	0.03188	0.034267	0.032382	0.034267	0.03363849	0.028738	0.03853845	0.03853845
0.010194	0.038324	0.039052	0.032796	0.035811	0.03091126	0.033424	0.04008298	0.04083682
0.006788	0.027031	0.027403	0.034318	0.025146	0.02640277	0.028161	0.02878993	0.02816173
0	0.002409	0.002409	0.002409	0.001152	0.00178037	0.002493	-0.0018632	0.00127781
-0.00438	0.003143	0.003143	-0.0005	0.002515	-0.0013694	-0.00023	-0.0001894	-0.00048228
-0.01106	-0.00312	-0.00332	-0.00571	0.001152	-0.0002069	-0.00049	-0.0069633	-0.01382225
-0.02129	-0.00394	-0.00778	-0.00143	0.009629	-0.0002713	-0.00137	-0.0077841	-0.00841227
-0.03431	-0.00198	-0.00218	-0.01435	0.002921	-0.0008224	-0.00177	-0.0019788	-0.00558135
-0.04842	0.001699	0.001499	-0.00033	0.002955	-0.0001322	-0.00034	-0.0014731	-0.00141667
-0.06096	0.00017	-0.00387	-0.0036	0.001929	-0.0004459	-0.00083	-0.002352	-0.00083035
-0.073	0.001152	-0.00379	-0.00375	0.006052	-0.0003043	-0.0005	-0.0012479	-0.00311963
-0.08557	0.00392	-0.00181	-0.00349	0.004423	-0.0004796	-0.00067	-0.0003488	-0.00107959
-0.09111	0.002048	-0.04762	-0.01089	-0.00097	-0.0008361	-0.00092	-0.0096361	-0.00586687
-0.0872	0.004926	-0.03193	-0.00123	-0.00487	-0.0007027	-0.00137	-0.0061308	-0.00248725
-0.07236	0.001774	0.001277	-0.00074	0.006674	-0.0003669	-0.00063	-0.0185796	-0.00501043

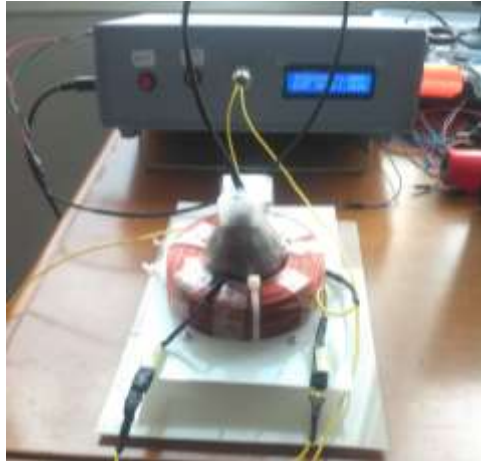
-0.06071	-7.4E-05	-0.00455	-0.00259	-0.00322	-0.003215	-0.00402	-0.0043458	-0.00434581
-0.04729	-0.0037	-0.01119	-5.8E-05	-0.00307	-0.0007889	-0.00123	-0.0079735	-0.00546069
-0.03859	0.000541	-0.00083	-8.8E-05	0.000541	-0.0004286	-0.00117	-0.0043593	-0.00071571
-0.02412	-0.00049	-0.00075	-0.00564	-0.00049	-0.0041323	-0.00084	-0.0053887	-0.00413229
-0.01136	-0.00344	-0.00381	-0.00093	-0.0052	-0.0001708	-0.00035	-0.0058272	-0.00457077
-0.00427	0.002405	0.00052	-8.2E-05	-0.00853	-0.0001082	-0.00034	0.00303281	0.00730457
0	0.002409	-0.00312	0.002491	-0.00438	-0.0048786	0.00375	-0.0006068	0.00002141
0.005063	0.016443	0.01693	0.000858	-0.00504	0.00111477	0.006089	-0.0050416	0.01945821
0.008961	0.02423	0.024732	0.02913	0.03026	0.02360153	0.023601	0.03465785	0.029129685
0.023231	0.024659	0.025288	0.030816	0.025288	0.02101585	0.018503	0.02893117	0.02717221
0.038687	0.018375	0.018375	0.024532	0.02516	0.02214452	0.013475	0.02578808	0.02453168
0.052075	0.022828	0.022943	0.030743	0.019812	0.01667122	0.010515	0.02584294	0.02471218
0.076042	0.003761	0.004133	0.013561	0.007405	0.00033041	0.000489	0.01293301	0.01418941
0.090044	0.000187	0.001231	0.013128	0.003831	0.00108721	0.001643	0.01249997	0.01249997
0.0931	0.0107	0.011731	0.024144	0.014972	0.00107191	0.003287	0.02288719	0.02175643
0.0961	0.016872	0.021772	0.034085	0.021144	0.02428459	0.010715	0.03647167	0.03898447

Lampiran 2

Proses Pengambilan Data



Gambar 1. *Pengambilan data medan magnet pada kumparan tanpa sampel*



Gambar 2. *Pengambilan data medan magnet menggunakan sampel Ni 1 g.*



Gambar 3. *Pengambilan data medan magnet pada kumparan tanpa sampel.*



Gambar 4. *Pengambilan data medan magnet menggunakan sampel Ni 2 g.*



Gambar 5. *Rangkaian penghasil electromagnet dalam keadaan off.*



Gambar 7. *Sampel holder dan kumparan*



Gambar 6. *Pengambilan data medan magnet mnggunakan sampel barium heksaferrite.*



Gambar 8. *Pengambilan data medan magnet dengan sampel Co.*

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Palas,Lampung Selatan pada tanggal 25 Agustus 1996 sebagai anak ketiga dari 5 bersaudara pasangan suami-isteri Ahmadi dan Jamilah yang bertempat tinggal di Perum. Griya Puri Sukatani Blok TA.2 No.16 Rajeg,Tangerang. Penulis megikuti pendidikan formal di mulai dari SD N 1 Bumi Restu pada tahun 2003 dan menyelesaikanya pada tahun 2008.

Pada tahun yang sama, penulis masuk SMP PGRI 2 Palas dan tamat pada tahun 2010. Kemudian dilanjutkan ke SMAN 1 Kalianda,Lampung Selatan dan tamat pada tahun 2013. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai mahasiswa Prodi Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri Jakarta melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).