

**REKABENTUK DAN PERLAKSANAAN ALATAN
MAYA BERASASKAN LABVIEW DALAM
MENGUKUR CIRI-CIRI BAHAN MAGNET
LEMBUT**

SITI SALWA BINTI MAT ISA

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2011

**REKABENTUK DAN PERLAKSANAAN ALATAN MAYA BERASASKAN
LABVIEW DALAM MENGUKUR CIRI-CIRI BAHAN MAGNET LEMBUT**

oleh

SITI SALWA BINTI MAT ISA

**Tesis yang diserahkan untuk
memenuhi keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sains**

Disember 2011

PENGHARGAAN

Dengan nama Allah yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang, syukur ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurniaNya penyelidikan ini dapat disempurnakan dengan jayanya. Pertama sekali saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada penyelia saya Dr. Dahaman Ishak kerana telah banyak membantu semasa proses penyelidikan dijalankan. Ilmu dan nasihat yang diberikan telah dijadikan panduan dan banyak membantu dalam menyiapkan kajian dan penulisan tesis.

Penghargaan juga ditujukan kepada penolong penyelia saya, Prof. Madya Mahfoozur Rehman yang telah memberi idea dan tunjuk ajar dalam penyelidikan ini. Tidak dilupakan juga penghargaan kepada Prof. Madya Dr. Mohd Fadzil Ain dan En. Muhammad Nasiruddin Mahyuddin di atas penglibatan yang telah diberikan.

Sekalung penghargaan kepada En. Ismayadi Ismail dari Institut Teknologi Maju, Universiti Putra Malaysia yang banyak memberi kerjasama dalam ujikaji ini dan juga kepada semua staf makmal kuasa Pusat Pengajian Kejuruteraan Elektrik & Elektronik yang telah membantu menyediakan peralatan yang diperlukan semasa kajian dijalankan. Seterusnya penghargaan kepada TPM/UiTM dan USM-RU Scheme Grant kerana memberi biasiswa dan menaja penyelidikan ini. Terima kasih turut diucapkan kepada rakan-rakan seperjuangan yang sentiasa memberi kerjasama dan membantu sepanjang pengajian saya.

Akhir sekali, buat suami tersayang Mohd Saufi Ahmad dan keluarga saya, terima kasih kerana berdoa dan banyak memberi semangat dalam mengharungi pelbagai kesukaran yang ditempuhi. Dengan restu, doa dan sokongan daripada semua, penyelidikan ini dapat disempurnakan dengan jayanya. Terima kasih.

ISI KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGHARGAAN	ii
ISI KANDUNGAN	iii
SENARAI JADUAL	vii
SENARAI RAJAH	viii
SENARAI SIMBOL	xii
SINGKATAN ISTILAH	xiv
TERJEMAHAN ISTILAH	xv
ABSTRAK	xxii
ABSTRACT	xxiii
BAB 1 - PENGENALAN	
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Skop penyelidikan	4
1.3 Objektif-objektif penyelidikan	5
1.4 Kaedah penyelidikan dan carta alir	5
1.5 Sumbangan tesis	8
1.6 Garis panduan tesis	8
BAB 2 - CIRI-CIRI BAHAN MAGNET	
2.1 Pendahuluan	10
2.2 Kediamagnetan	12
2.3 Keparamagnetan	12

2.4	Keferomagnetan	13
2.5	Lengkung $B-H$ bahan magnet	17
2.6	Bahan magnet lembut dan keras	19
2.6.1	Bahan magnet lembut	21
2.6.2	Pencirian bahan magnet lembut	25
2.6.3	Pencirian bahan magnet keras	25
2.7	Pengukuran medan magnet	26
2.7.1	Kaedah fluksmeter	27
2.7.2	Kesan Hall	28
2.8	Kehilangan dalam bahan magnet	31
2.9	Ringkasan	32

BAB 3 - PENENTUAN PARAMETER BAHAN MAGNET LEMBUT

3.1	Pendahuluan	34
3.2	Sifat-sifat magnet	35
3.2.1	Ketumpatan fluks, B	35
3.2.2	Keamatan medan magnet, H	36
3.2.3	Kebolehtelapan magnet, μ	37
3.3	Hukum Ampere bagi teras bergelang	38
3.4	Lengkung pemagnetan dan gelung histeresis	40
3.5	Kehilangan dalam bahan magnet	41
3.5.1	Kehilangan histeresis, P_h	42
3.5.2	Kehilangan arus pusar, P_e	43
3.5.3	Jumlah kehilangan teras, P_c	44
3.6	Pengiraan parameter bahan magnet lembut	47
3.6.1	Luas keratan rentas, A_c	47

LAMPIRAN

Lampiran A	Helaian data keluli 35JN250 daripada JFE Shoji Steel Malaysia Sdn. Bhd.	102
Lampiran B	Keputusan ujikaji histeresis dari UPM bagi teras keluli 35JN250	104
Lampiran C	Keputusan ujikaji histeresis dari UPM bagi teras Somaloy	115
Lampiran D	Graf histeresis a.u - Model MATS-2010SA	129
Lampiran E	Senarai penerbitan	130

SENARAI JADUAL

		Muka Surat
Jadual 4.1	Nilai panjang laluan magnet dan luas keratan rentas bagi dua sampel	61
Jadual 4.2	Nilai kerintangan dan kearuhan sampel ujikaji	63
Jadual 4.3	Keputusan ujikaji teras gelang 35JN250	74
Jadual 4.4	Perbandingan keputusan kehilangan teras P_c	80
Jadual 4.5	Perbandingan keputusan ujikaji dengan UPM	84
Jadual 4.6	Keputusan ujikaji teras gelang Somaloy	85
Jadual 4.7	Perbandingan keputusan ujikaji dengan UPM	92

SENARAI RAJAH

		Muka Surat
Rajah 1.1	Carta alir penyelidikan	7
Rajah 2.1	Pergerakan molekul a) Tanpa medan, tiada momen per atom, (b) Momen magnet bergerak sejajar sepanjang kehadiran medan	13
Rajah 2.2	Momen magnet yang dijajar pada arah yang sama	14
Rajah 2.3	Lengkungan aruhan-normal bagi sampel besi, nikel dan kobalt	15
Rajah 2.4	Hubungan antara B dan H dalam bahan paramagnet, diamagnet dan feromagnet	16
Rajah 2.5	Perubahan kebolehtelapan terhadap ketumpatan fluks	16
Rajah 2.6	Bentuk gelung $B-H$ kesan daripada ketepuan dan kehilangan besi	17
Rajah 2.7	Hubungan B melawan H dalam gelung histeresis	18
Rajah 2.8	Gelung histeresis	18
Rajah 2.9	Lengkung $B-H$ bahan magnet lembut dan keras	20
Rajah 2.10	Gambarajah skema bagi komponen teras serbuk	22
Rajah 2.11	Fluksmeter	28
Rajah 2.12	Gambarajah skema bagi kesan Hall	30
Rajah 3.1	Parameter saiz sampel	34

Rajah 3.2	Solenoid panjang dengan ruang bebas sebagai medium, medan magnet ialah B_o	36
Rajah 3.3	Solenoid pembawa arus	37
Rajah 3.4	Hukum litar Ampere	39
Rajah 3.5	Gegelung toroid dengan lilitan, N	39
Rajah 3.6	Contoh gelung histeresis keluli berlapis	41
Rajah 3.7	Anggaran luas dalam gelung histeresis	43
Rajah 3.8	Luas keratan rentas	47
Rajah 3.9	Panjang laluan magnet	48
Rajah 3.10	Gambarajah litar untuk mendapatkan gelung $B-H$	49
Rajah 3.11	Contoh panel depan dalam LabView	53
Rajah 3.12	Palet kawalan pada panel depan	53
Rajah 3.13	Contoh gambarajah blok dalam LabView	54
Rajah 3.14	Panel fungsi pada gambarajah blok	55
Rajah 3.15	Palet alatan	56
Rajah 3.16	Kad perolehan data NI USB-6009	57
Rajah 4.1	Sampel bahan magnet lembut dalam bentuk teras gelang	60
Rajah 4.2	Pita bertebat di sekeliling teras bergelang	61
Rajah 4.3	Lilitan pada bahagian utama dan sekunder teras bergelang	62

Rajah 4.4	Kerintangan diukur menggunakan meter milliohm	62
Rajah 4.5	Kearuhan diukur menggunakan meter LCR	63
Rajah 4.6	Litar skema untuk mendapatkan gelung histeresis	64
Rajah 4.7	Gambarajah sistem ujikaji	66
Rajah 4.8	Panel depan LabView yang telah dibangunkan bagi ujikaji teras gelang 35JN250	67
Rajah 4.9	Gambarajah blok ujikaji teras gelang 35JN250	70
Rajah 4.10	Panel depan bagi ujikaji ke atas teras gelang Somaloy	71
Rajah 4.11	Gambarajah blok bagi ujikaji teras gelang Somaloy	72
Rajah 4.12	Ujikaji teras gelang di UPM	73
Rajah 4.13	Perubahan gelung histeresis	75
Rajah 4.14	Teras magnet dalam keadaan tepu B_s	76
Rajah 4.15	Perkembangan gelung histeresis	77
Rajah 4.16	Lengkung $B-H$ daripada keputusan data dari ujikaji, data pengeluar dan UPM	78
Rajah 4.17	Lengkung $B-H$ bagi keputusan data dari ujikaji dan dari pengeluar (JFE)	79
Rajah 4.18	Lengkung $B-H$ bagi keputusan data dari ujikaji dan UPM	81
Rajah 4.19	Gelung histeresis dari keputusan ujikaji dan UPM	81
Rajah 4.20	Luas kawasan separa simetri gelung histeresis	82

Rajah 4.21	Kebakian B_r pada gelung histeresis	83
Rajah 4.22	Daya paksa H_c pada gelung histeresis	84
Rajah 4.23	Perubahan gelung histeresis	86
Rajah 4.24	Teras magnet dalam keadaan tepu B_s	87
Rajah 4.25	Lengkung $B-H$ bagi keputusan data ujikaji dan UPM	88
Rajah 4.26	Gelung histeresis dari keputusan ujikaji dan UPM	89
Rajah 4.27	Luas kawasan separa simetri gelung histeresis	90
Rajah 4.28	Kebakian B_r pada gelung histeresis	91
Rajah 4.29	Daya paksa H_c pada gelung histeresis	91

SENARAI SIMBOL

μ	Kebolehtelapan teras
δ	Sudut kehilangan
A_c	Luas keratan rentas
l_c	Panjang laluan magnet
B	Ketumpatan fluks
B_r	Kebakian
D_i	Diameter dalam
D_o	Diameter luar
f	Frekuensi
h	Tinggi
H	Keamatan medan magnet
H_c	Medan paksa
M	Vektor pemagnetan
N_s	Bilangan lilitan pada sekunder
P_c	Kehilangan besi
P_e	Kehilangan arus pusar
P_h	Kehilangan histeresis

T_C	Suhu Curie
V_H	Voltan Hall
$v_s(t)$	Voltan teraruh pada lilitan sekunder

SINGKATAN ISTILAH

a.t	arus terus
a.u	arus ulang alik
d.g.e	daya gerak elektrik
d.g.m	daya gerak magnet
Ba	Barium
B_{sat}	Pemagnetan tepu
Fe	Besi
Fe-Ni	Besi-Nikel
Fe-Ni-P	Besi-Nikel-Fosforus
Fe-Nd-B	Besi-Neodinium-Boron
Fe-Si	Besi-Silikon
Ni-Zn	Nikel-Zink
Mn-Zn	Mangan-Zink
Si	Silikon
UPM	Universiti Putra Malaysia
USM	Universiti Sains Malaysia

TERJEMAHAN ISTILAH

<i>Bahasa Melayu</i>	<i>English</i>
Alatan maya	Virtual instrument
Angker	Armature
Arca	Icon
Aruhan	Induction
Arus pusar	Eddy current
Bahan magnet	Magnetic materials
Bahan magnet lembut	Soft magnetic material
Balistik	Ballistic
Belitan	Winding
Bendasing	Impurities
Berlapis	Laminated
Bermagnet	Magnetize
Besi	Iron
Besi tempa	Wrought iron
Biasan	Refraction
Boleh tepu	Saturable
Bukan pengkonduksi	Nonconducting
Ciri	Characteristics
Daftar gelembung magnet	Magnetic bubble registers
Damar	Resin
Daya	Force

Daya bersih	Net force
Daya paksa	Coercive force
Deriaan arus	Current sensing
Ditelapkan	Permeated
Engganan	Reluctance
Fungsi piawai	Standard function
Galangan	Impedance
Garnet	Garnet
Gas lengai	Inert gases
Gas nadir	Rare gases
Geganti elektromagnet	Electromagnetic relays
Gegelung	Coil
Gelung histeresis	Hysteresis loop
Gerakan dinding domain	Domain-wall motion
Gerakan terma	Thermal motion
Hablur kovalen	Covalent crystals
Histeresis	Hysteresis
Integrasi	Integrate
Isotropi	Isotropic
Kad antara muka	Interface card
Kadar pensampelan	Sampling rate
Keamatan	Intensity
Kearuhan	Inductance
Kebakian	Remanence
Keberaliran	Conductivity

Kebolehgerakan	Mobility
Kebolehtelapan	Permeability
Kecekapan	Efficiency
Keferomagnetan	Ferromagnetism
Kehilangan	Loss
Kehilangan geseran	Frictional loss
Kehilangan histeresis	Hysteresis loss
Kekisi	Lattice
Keluli berlapis	Laminated steel
Keluli tuangan	Cast steel
Keluaran analog	Analog output
Kemagnetan sisa	Residual magnetism
Kemagnetan berbalik cepat	Rapid reversal of magnetism
Kemuatan	Capacitance
Kepala rakaman	Recording head
Kerentanan	Susceptibility
Kesan kulit	Skin effect
Ketepuan	Saturation
Ketersimpanan	Retentivity
Ketulenan tinggi	High purity
Ketumpatan	Density
Ketumpatan fluks	Flux density
Komposit	Composite
Kuar	Probe
Lantanid	Lanthanide

Lantanum	Lanthanum
Lengkung pemagnetan	Magnetization curve
Lilitan	Turns
Litar bersepadu	Integrated circuit
Luas keratan rentas	Cross sectional area
Magnet	Magnetic
Masukan analog	Analog input
Medan	Field
Medan berubah dengan masa	Time-varying field
Medan tiris	Stray field
Membalikkan	Reversing
Memori magnet	Magnetic memories
Mengulir	Threading
Meter volt fluks	Flux voltmeter
Meter volt RMS	RMS voltmeter
Min	Mean
Momen dwikutub	Dipole moment
Momen magnet	Magnetic moment
Nadir bumi	Rare earth
Nisbah tak bermatra	Dimensionless ratio
Nod	Nodes
Palet kawalan	Control pallette
Panel depan	Front panel
Panel tampal	Patch panel
Pangkalan	Terminal

Panjang laluan magnet	Magnetic path length
Pautan fluks	Flux linkage
Pembuangan	Removal
Pemecut zarah	Particle accelerator
Pemprosesan isyarat digital	Digital signal processing
Pemuat	Capacitor
Penapisan	Filtering
Penerbitan magnet	Magnetic ordering
Pengaliran	Conduction
Pengatur	Regulator
Pengatur dengan teras boleh tepu	Regulators with saturable cores
Pengesetan masa	Time setting
Penguat kuasa	Power amplifier
Pengubah	Transformer
Pengujaan	Excitation
Pengulangalik	Alternator
Penjajaran	Alignment
Penjana	Generator
Penunjuk berangka	Numeric indicator
Penuras	Filter
Penyambung	Annealing
Penyepuhlindungan	Connector
Peralihan	Transition
Peranti	Device
Perduaan	Binary

Perkakasan	Hardware
Permaloi	Permalloy
Petala dalam	Inner shells
Pustaka	Library
Ragam sepunya	Common mode
Rambang	Arbitrary
Rentak mati	Deadbeat
Reostat	Rheostat
Ruang bebas	Free space
Saluran	Channel
Sari	Extract
Sekunder	Secondary
Sela udara	Air gap
Separuh pengalir	Semiconductor
Sepuh lindap	Anneal
Sistem kedap	Seal system
Skema	Schematic
Solenoid	Solenoid
Spin elektron	Electron spin
Susut voltan	Voltage drop
Tanda	Sign
Tatarajah	Configuration
Telap	Permeable
Teraruh	Induce
Teras bergelang	Toroidal core

Terikan

Strain

Terkutub

Polarized

Terma

Thermal

Toroid

Toroidal

Utama

Primary

Variak

Variac

REKABENTUK DAN PERLAKSANAAN ALATAN MAYA BERASASKAN LABVIEW DALAM MENGUKUR CIRI-CIRI BAHAN MAGNET LEMBUT

ABSTRAK

Penyelidikan ini berkaitan dengan rekaan dan pembuatan litar analog kos rendah untuk memperoleh ciri-ciri pemagnetan arus ulang alik (a.u) bahan magnet lembut. Penggunaan perisian LabView dalam pengukuran ciri bahan magnet merupakan kaedah yang lebih cepat, mudah dan berkos rendah berbanding dengan kaedah konvensional. Kajian ini juga membincangkan kaedah pengukuran ketumpatan fluks, keamatan medan magnet, kebolehtelapan teras dan kehilangan histeresis. Lilitan pada bahagian utama diujakan dengan voltan sinus yang berbeza amplitud dan gegelung sekunder disambung ke LabView. Keamatan medan magnet dan ketumpatan fluks diperoleh dengan kiraan berdasarkan nilai voltan teraruh pada kedua-dua bahagian teras gelang. Perbandingan keputusan ini dibuat pada graf lengkung $B-H$, gelung histeresis dan kehilangan histeresis P_h . Hasil perbandingan menunjukkan keputusan ujikaji mempunyai pola yang hampir sama dengan teori dan praktikal. Kajian ini membuktikan bahawa kaedah menggunakan alatan maya dan perisian LabView boleh digunakan sebagai medium untuk menentukan sifat bahan magnet lembut.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF VIRTUAL INSTRUMENT BASED ON LABVIEW FOR THE MEASUREMENT OF THE CHARACTERISTICS OF SOFT MAGNETIC MATERIALS

ABSTRACT

This research presents the design and prototyping of low-cost analog circuitry to characterize the ac magnetization profile of soft magnetic materials. Method based on LabView software for the measurement of the characteristics of magnet materials that has been implemented is faster, easier and low cost compare to the conventional method. This research also discusses the methods of measurement for flux density, magnetic field intensity, core permeability and hysteresis loss. The primary winding is excited with sinusoidal supply of varying voltage amplitude while the secondary winding is interfaced with the LabView. Magnetic field intensity and flux density are obtained based on calculation from the induced voltage in the both sides of the ring core. The comparisons were made in the $B-H$ curve, hysteresis loop and hysteresis loss P_h . The comparisons show that the results are nearly the same with the theory and practical. Therefore, it is proved that the implementation of virtual instrument and LabView software can be utilized as a medium for the measurement of soft magnetic materials' characteristics.

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Bahan magnet mewujudkan ciptaan baru dalam kehidupan kita terutamanya dalam bidang elektronik, komputer dan industri telekomunikasi. Pelbagai jenis bahan magnet telah digunakan termasuk besi tulen dan aloi seperti Fe-Ni, Fe-Ni-P, Fe-Nd-B dan Fe-Si. Selain itu ferit lembut dan keras juga digunakan seperti, Ni-Zn, Mn-Zn dan ferit Ba.

Manakala bahan magnet lembut ialah bahan yang dihasilkan daripada proses kaji logam/metalurgi serbuk dan kebanyakannya digunakan pada frekuensi 50 Hz. Sifat-sifat magnet, terma dan mekanikal pada bahan magnet lembut ini adalah berbeza daripada kebiasaan bahan berlapis. Oleh yang demikian, kaedah rekabentuk klasik dan penggunaan data yang digunakan pada bahan berlapis tidak boleh diaplikasikan pada bahan magnet lembut. Penggantian nilai dalam rekabentuk bahan berlapis kepada rekabentuk bahan magnet lembut selalunya tidak efisien jika geometri litar magnet dan sifat-sifat pada belitan tidak diubah suai.

Satu perkara penting kebaikan bahan magnet lembut ini ialah isotropi dan ciri-ciri magnet dan termanya. Ciri-ciri seperti kekonduksian terma yang baik, isotropi magnet dan terma, boleh diguna secara efisien untuk merekabentuk struktur baru dengan kuasa tinggi dalam transformer (pengubah), pengaruh dan balast elektromagnet (Cros et. al., 2002).

Aplikasi keluli elektrik boleh jadi dalam bentuk pepejal, berlapis atau jalur. Aplikasi tersebut boleh digunakan dalam pelbagai bentuk, dan yang paling biasa

dibentuk ialah sebagai teras bergelang. Serbuk besi padat (bahan magnet lembut) dibentuk menjadi magnet berteras yang juga boleh digunakan pemegun motor magnet kekal.

Penyelidikan ini memfokuskan pada rekabentuk dan pengukuran ciri-ciri bahan magnet lembut yang diimplementasi menggunakan kemajuan perisian LabView. Ia juga menyediakan ujikaji pemagnetan arus ulang alik (a.u) untuk ciri-ciri asas magnet spesimen bergelang pada frekuensi 50 Hz. Ini termasuklah ujikaji untuk mendapatkan ketumpatan fluks B , keamatan medan magnet H , kebolehtelapan teras μ_r dan juga gelung histeresis (gelung $B-H$) dengan bekalan arus ulang alik yang berubah-ubah.

Kaedah pengiraan asas Matematik juga dibincangkan untuk memperoleh ciri atau sifat bahan tersebut dengan menunjukkan prosedur untuk mengira luas keratan rentas A_c , panjang laluan magnet l_c , keamatan medan magnet H , ketumpatan fluks B dan kebolehtelapan teras, μ_r . Seterusnya sifat bahan magnet lembut dan gelung histeresis dipamerkan pada monitor komputer.

Pada awalnya, penyelidikan ini turut mendapat kerjasama daripada sekumpulan penyelidik daripada Pusat Pengajian Bahan dan Sumber Mineral, Universiti Sains Malaysia (USM). Prof. Zainal Arifin Bin Ahmad daripada pusat pengajian ini bertanggungjawab menghasilkan beberapa sampel bahan komposit berformula menggunakan serbuk besi GR gred Merack. Namun, sampel yang dihasilkan tidak dapat diuji disebabkan oleh kerosakan mekanikal bahan tersebut. Antara sampel lain yang diuji dalam penyelidikan ini ialah bahan magnet lembut Somaloy dari Höganäs.

Selain itu, penyelidikan ini juga menguji sampel keluli berlapis daripada JFE Shoji Steel Malaysia Sdn. Bhd.. Sampel ini telah dipotong dalam bentuk teras bergelang mengikut saiz yang ditetapkan, dikenakan belitan dan diuji sama seperti sampel teras bergelang Somaloy. Hal ini bertujuan untuk membuat penilaian serta melihat perbezaan keberkesanan sistem ujikaji yang dijalankan berdasarkan keputusan ujikaji dan helaian data daripada pihak pengeluar.

Sampel-sampel bahan magnet yang digunakan turut diuji di Institut Teknologi Maju, Universiti Putra Malaysia (UPM) dengan menggunakan graf histeresis arus ulang alik model MATS-2010SA. Alat ini boleh mengukur pengukuran automatik gelung histeresis bahan magnet lembut seperti keluli silikon, ketepatan aloi, bukan kristal dan ferit, pengukurun tepat parameter magnet seperti kebolehtelapan μ_r , sudut kehilangan δ , kehilangan besi P_c , kebakian B_r dan kepaksaan H_c . Oleh itu, perbezaan antara keputusan dari UPM dengan hasil penyelidikan dapat dibuat.

Contoh kebiasaan kaedah yang dijalankan dalam penentuan parameter bahan magnet ialah dengan membina kerangka Epstein di mana bahan jalur digunakan dan memerlukan banyak radas dan peralatan seperti meter volt fluks, meter volt RMS, osiloskop dan penguat kuasa. Sebaliknya, penyelidikan ini mengurangkan penggunaan radas dan peralatan di mana semua pengukuran teknikal sifat magnet bahan magnet lembut boleh ditentukan dengan menggunakan kad perolehan data dan perisian LabView. Projek ini hanya memerlukan spesimen bergelang padat berbanding menggunakan bahan jalur atau teras berlapis, jadi ia melangkaui proses memotong wayar seterusnya mengurangkan penggunaan kos dan masa.

1.2 Skop penyelidikan

Penyelidikan ini mengutarakan kaedah untuk menentukan ciri dan sifat bahan magnet lembut dengan merangkumi prinsip teori, pengiraan, perlitan dan pengaturcaraan. Selain itu, ujikaji ini merupakan satu usaha menghasilkan bahan baru yang boleh diaplikasikan dengan memberi perubahan pada rekabentuk dalam kemajuan teknologi elektrik.

Gelung histeresis magnet teras atau lengkung $B-H$ dapat mengesan parameter magnet dan kehilangan teras. Namun, peralatan untuk menganalisis gelung bermagnet ini sememangnya mahal dan tidak begitu praktik untuk penyelidikan makmal yang berskala kecil. Oleh itu, penyelidikan ini dapat menentukan parameter magnet daripada ujikaji dan lengkung $B-H$ pada kos yang munasabah.

Skop penyelidikan ini boleh dibahagikan kepada dua bahagian major. Pertama, secara amnya ia memfokuskan kepada prinsip kejuruteraan elektrik bahan dan ia juga merangkumi kajian tentang jenis dan sifat bahan magnet lembut secara khususnya. Pendekatan penyelidikan adalah untuk mendapatkan ciri magnet di samping mempamerkan gelung histeresis bahan magnet lembut tersebut.

Pendekatan ini berdasarkan kepada prinsip teori, pengiraan dan juga implementasi litar. Rekabentuk litar adalah bertujuan bagi mendapatkan nilai medan magnet H selain ketumpatan fluks B , pada spesimen teras bergelang. Kedua, ialah pengaturcaraan LabView iaitu alatan maya di mana sistem kawalan komputer yang menggunakan kad perolehan data NI USB-6009 dan perisian LabView. Proses ini bermula dengan memahami dan mempelajari perisian LabView seperti mengetahui bagaimana untuk memanipulasi dan mengendalikan kad perolehan data serta membina sistem pengaturcaraan pada gambarajah blok.

Kesemua pengukuran parameter bahan magnet diperoleh menggunakan fungsi LabView dengan memplot gelung histeresis dan dipamerkan pada diagram panel depan LabView pada skrin komputer.

1.3 Objektif-objektif penyelidikan

Penggunaan bahan magnet lembut adalah satu aplikasi baru yang boleh diperkembangkan dalam industri pembuatan motor dan kejuruteraan elektrik. Oleh itu, penyelidikan ini adalah sebagai satu usaha dalam merealisasikan tujuan tersebut. Objektif-objektif penyelidikan ini adalah seperti berikut:

- Merekabentuk litar analog kos rendah dalam ujikaji bagi mengukur sifat pemagnetan arus ulang alik (a.u) bahan magnet lembut
- Menggunakan perisian LabView dalam pengiraan data, perolehan data dan paparan grafik
- Menjadikan kaedah penyelidikan yang digunakan ini sebagai medium baru dalam pengukuran sifat bahan magnet yang lebih cepat, mudah dan berkos rendah

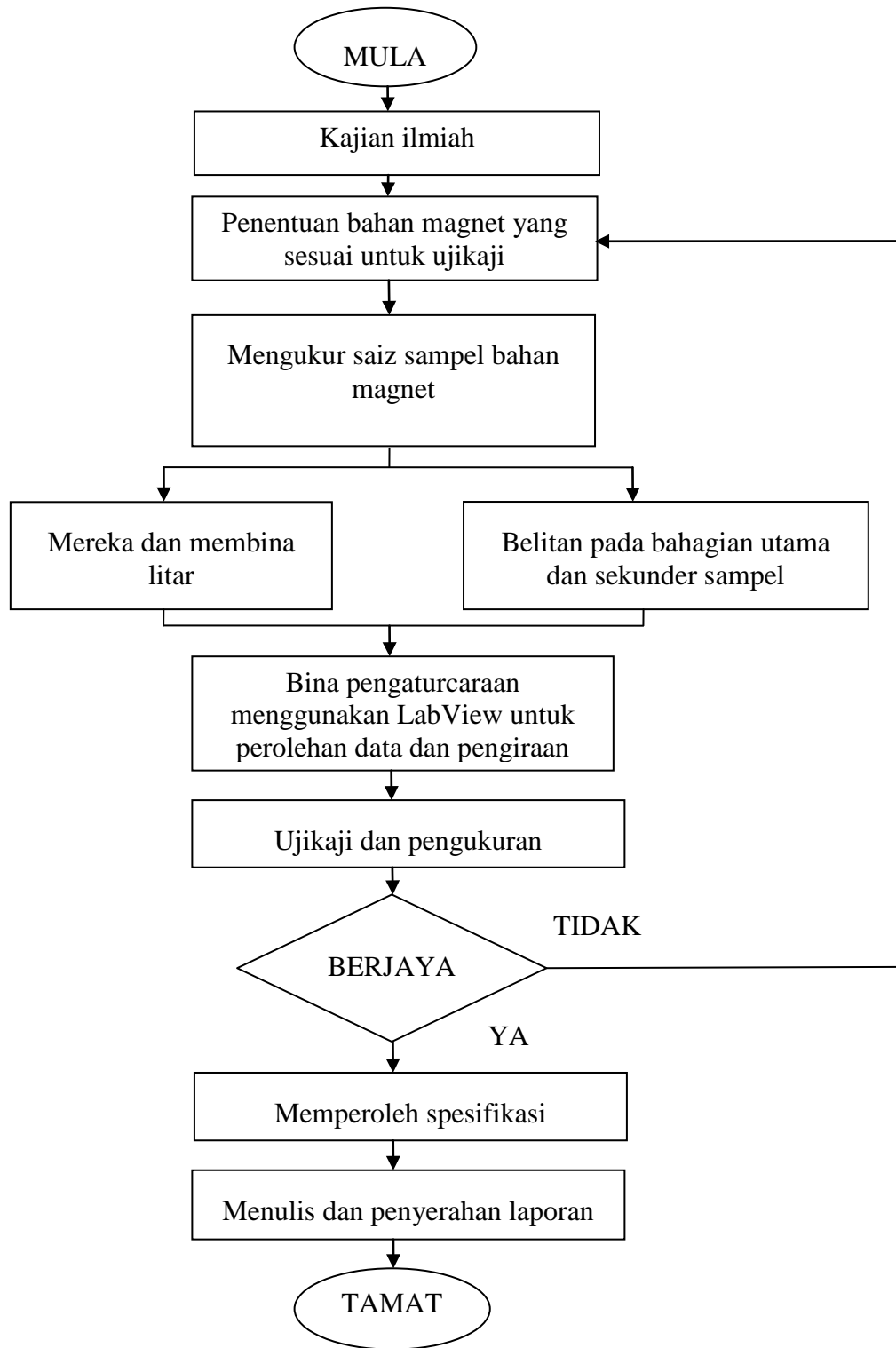
1.4 Kaedah penyelidikan dan carta alir

Untuk menjalankan sesuatu penyelidikan, ia mestilah dibuat dengan teliti dan langkah demi langkah. Pertama, kajian ilmiah dilakukan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih tentang bahan magnet dan juga perisian LabView. Kajian awal perlu dalam menentukan bahan lembut magnet yang sesuai untuk digunakan dalam penyelidikan ini. Kedua, setelah kajian dibuat dan diteliti, jenis bahan magnet ditentukan seterusnya sampel bahan boleh disediakan dalam bentuk gelang.

Kemudian, sampel teras bergelang bahan magnet lembut yang siap akan dikenakan dengan belitan pada bahagian utama dan sekunder dengan nilai lilitan yang sama. Selain itu, rekabentuk dan pembikinan litar dilakukan di mana ini merupakan bahagian yang penting dalam ujikaji. Setelah proses ini selesai, pengaturcaraan dibentuk menggunakan perisian LabView bagi tujuan perolehan data dan juga pengiraan.

Langkah seterusnya pula ialah menguji sampel bahan magnet lembut untuk menentukan parameternya. Walaubagaimanapun, penentuan bahan magnet lembut yang sesuai dan pengaturcaraan akan dibuat semula sekiranya keputusan yang terhasil tidak mematuhi prinsip teori.

Proses ujikaji dan pengukuran berjaya jika spesifikasi bahan magnet lembut yang diukur memenuhi keperluan secara elektrik dan mekanik. Akhir sekali, selepas semua pengukuran diambil dan spesifikasi dicapai, laporan teknikal disediakan untuk diperiksa dan penyelidikan selesai. Rajah 1.1 menunjukkan carta alir penyelidikan ini.



Rajah 1.1 Carta alir penyelidikan

1.5 Sumbangan tesis

Hasil daripada keputusan ujikaji yang dijalankan sedikit sebanyak dapat membuktikan bahawa bahan magnet lembut juga mempunyai kriteria-kriteria yang sesuai dalam pembuatan motor elektrik. Antara sumbangan lain dalam penyelidikan ini ialah:

- Menghasilkan litar analog ringkas yang berkos rendah bagi mengukur lengkung histeresis dan juga parameter yang berkaitan bagi bahan magnet lembut
- Menggunakan kaedah yang berlainan iaitu dengan menggunakan perisian LabView berbanding kaedah biasa yang menggunakan meter fluks untuk mendapatkan spesifikasi magnet bagi bahan magnet lembut

1.6 Garis panduan tesis

Tesis ini merangkumi lima bab iaitu Bab 1 hingga Bab 5. Bermula dengan Bab 1 membincangkan tentang pendahuluan, skop, objektif, kaedah dan sumbangan penyelidikan.

Bab 2 memfokuskan tentang kajian ilmiah mengenai ciri-ciri bahan magnet lembut yang memberi huraian tentang jenis bahan magnet, medan magnet, bahan magnet lembut, dan magnet keras. Selain itu, perbezaan gelung $B-H$ bahan magnet lembut dan magnet keras turut diterangkan. Lanjutan dalam bab ini diteruskan dengan mengemukakan beberapa contoh kaedah yang biasa digunakan untuk mengukur sifat bahan magnet seperti kaedah meter fluks dan kesan Hall. Kehilangan dalam bahan magnet juga dinyatakan sedikit dalam bab ini, walaubagaimanapun ia akan diterangkan dengan lebih lanjut di Bab 3.

Bab 3 pula bermula dengan menghuraikan tentang latar belakang teori berkaitan bahan magnet lembut dan juga sistem cadangan bagi penyelidikan ini iaitu bagaimana untuk mendapatkan sifat bahan magnet lembut melalui pengukuran arus ulang alik. Latar belakang teori untuk menentukan ciri-ciri magnet seperti ketumpatan fluks, keamatan medan magnet dan kebolehtelapan dijelaskan secara khusus.

Ia diteruskan dengan pengiraan beranalisis untuk kesemua sifat magnet yang berkaitan, parameter teras bergelang, kehilangan iaitu kehilangan histeresis dan kehilangan arus pular. Di samping itu, langkah penyediaan teras bergelang juga dinyatakan. Seterusnya, membincangkan mengenai perisian LabView dan pengaturcaraan yang dibuat.

Selepas itu, Bab 4 pula adalah berkaitan dengan pelaksanaan perkakasan yang menjelaskan keseluruhan proses ujikaji. Bermula dengan aplikasi bekalan arus ulang alik, pembinaan litar seterusnya menghubungkan perkakasan tersebut ke komputer untuk mempamerkan keputusan ujikaji menggunakan perisian LabView. Penutup dalam bab ini mengulas tentang keputusan, perbandingan keputusan dan perbincangan yang diperolehi daripada ujikaji.

Akhir sekali ialah Bab 5 iaitu membuat kesimpulan terhadap keputusan ujikaji. Skop pada kerja di masa hadapan dan keseluruhan penyelidikan juga turut dibincangkan.

BAB 2

CIRI-CIRI BAHAN MAGNET

2.1 Pendahuluan

Bahan magnet ialah satu bahan yang berkebolehan untuk dimagnetkan, iaitu terdiri daripada sekumpulan kecil logam tulen yang mempunyai ciri-ciri seperti besi. Ciri-ciri ini dipanggil sebagai keferomagnetan dan memberi pengaruh yang kuat ke atas fluks magnet serta cenderung untuk memperkuatkan atau meningkatkan ketumpatan fluks. Selain besi, nikel dan kobalt juga mempamerkan sifat keferomagnetan.

Besi tulen menunjukkan ciri-ciri magnet apabila ditempatkan dalam medan yang bermagnet, tetapi kembali kepada keadaan tidak bermagnet sekiranya dijauhkan dari pengaruh medan. Seseengah keluli dan aloi menjadi magnet kekal apabila ditempatkan dalam medan bermagnet. Logam yang bersifat sebegini masing-masing boleh dirujuk sebagai magnet lembut dan keras.

Magnet keras akan menahan kemagnetannya untuk satu tempoh tidak terhad dan tidak menurut dengan pengaruh penyahmagnetan. Kebolehan bahan untuk menahan penyahmagnetan ini dikenali sebagai daya paksa. Manakala bahan magnet lembut pula bergantung kepada kehadiran medan magnet seperti arus elektrik, cepat dinyahmagnet sebaik saja medan magnet dari luar disingkirkan dan perlu menahan baki kemagnetan atau kebakian. Kebolehtelapan magnet yang tinggi (memudahkan pemagnetan) boleh diperolehi dengan penyerapan minimum tenaga dalam medan magnet ulang alik (Mott, 1974).

Kedua-dua bahan magnet ini iaitu bahan magnet lembut, secara amnya digunakan dalam kejuruteraan komunikasi dan aplikasi kuasa (motor, penjana, pengubah) dan bahan magnet keras pula digunakan dalam alatan, pembesar suara radio, motor elektrik, peranti menarik dan memegang, dan peralatan umum. Dalam kejuruteraan komunikasi, dua jenis ciri-ciri magnet yang diperlukan iaitu kebolehtelapan awal yang malar dan tinggi dengan histeresis rendah, dan kebolehtelapan awal yang tinggi dan maksimum, bersama dengan daya paksa yang rendah (Fiorillo, 2004).

Kebanyakan peranti kejuruteraan elektrik seperti pengaruh, pengubah, mesin berputar dan antena ferit adalah berdasarkan kepada ciri-ciri bahan magnet. Majoriti peralatan kejuruteraan menggunakan ciri-ciri bahan feromagnet, di mana ia akan dibincangkan dengan lebih teliti berbanding kediamagnetan dan keparamagnetan (Kasap, 2000). Antara dua sifat utama bagi komponen teras besi ialah sifat kebolehtelapan magnet dan kehilangan teras. Manakala sifat magnet, elektrik dan mekanik pula bergantung kepada proses penyediaan dan pembuatan. Selain itu, ketulenan magnet, bentuk dan saiz partikel mempengaruhi keseluruhan tindak balas magnet (Shokrollahi dan Janghorban, 2007). Antara jenis-jenis bahan magnet:

- (i) Bahan diamagnet. Bahan ini berserenjang dengan medan magnet
- (ii) Bahan paramagnet. Bahan ini selari dengan medan magnet
- (iii) Bahan feromagnet. Bahan ini terdiri daripada besi, nikel, kobalt, dan aloi yang tertarik kuat kepada magnet atau elektromagnet (Stanley, 1963)

2.2 Kediaomagnetan

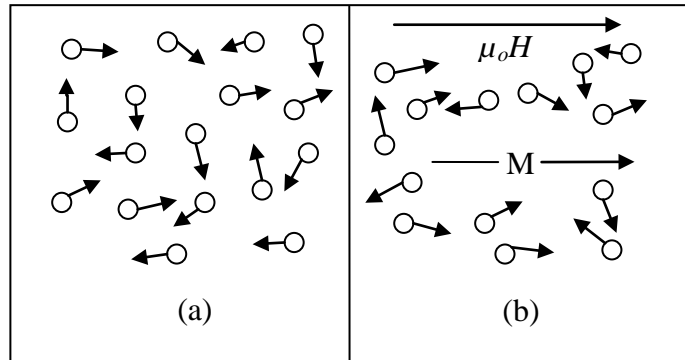
Suatu bahan mempamerkan kediaomagnetan apabila unsur-unsur atom dalam bahan tersebut mempunyai petala dan sub-petala yang dekat. Kediaomagnetan memiliki elemen bilangan elektron yang sama. Hablur kovalen dan hablur ion adalah bahan diamagnet yang biasa kerana unsur-unsur atomnya tidak memenuhi sub-petala. Gas nadir tergolong dalam kumpulan ini.

Dalam kebanyakan kes, satu elektron bergerak dalam bulatan orbit menghasilkan medan magnet sepertimana arus mengalir dalam pengalir. Kekuatan arus tersebut diukur dari magnet momennya (Stanley, 1963). Hubungan kebolehtelapan bahan diamagnet adalah sedikit kurang dari uniti. Apabila bahan diamagnet seperti hablur silikon ditempatkan dalam medan magnet, vektor pemagnetan M dalam bahan tersebut bertentangan arah dengan medan dikenakan $\mu_0 H$ dan menyebabkan medan B dalam bahan tersebut kurang dari $\mu_0 H$ (Kasap, 2000).

2.3 Keparamagnetan

Bahan paramagnet mempunyai kebolehtelapan relatif besar sedikit dari 1 dan kerentanan magnet positif kecil. Contoh bahan paramagnet ialah seperti aluminium, platinum dan oksigen.

Tanpa kehadiran medan, momen molekul bergerak secara rawak disebabkan pelanggaran rawak antara molekul. Maka fenomena ini menunjukkan bahawa tiada pemagnetan kekal berlaku. Manakala dengan kehadiran medan, momen molekul magnet sejajar dengan medan seperti Rajah 2.1.



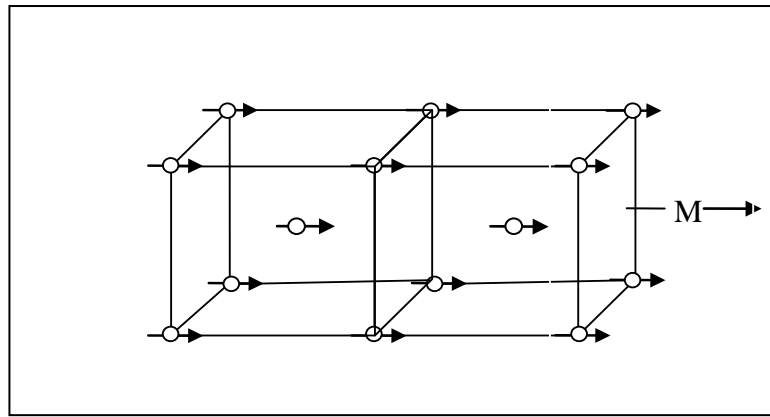
Rajah 2.1 Pergerakan molekul (a) Tanpa medan, tiada momen per atom, (b) Momen magnet bergerak sejajar sepanjang aplikasi medan (Kasap, 2000)

Pemagnetan M biasanya berkurang dengan peningkatan suhu kerana pada suhu tinggi banyak pelanggaran molekul berlaku, yang mana memusnahkan susunan momen molekul magnet yang sejajar dengan medan. Apabila bahan paramagnet ditempatkan dalam medan magnet yang tidak seragam, pemagnetan teraruh M adalah sepanjang B dan daya bersih yang lebih besar dari medan terjadi.

2.4 Keferomagnetan

Rajah 2.2 menggambarkan kawasan hablur Fe, dipanggil domain magnet yang mempunyai vektor pemagnetan mutlak M kesan daripada penjajaran momen magnet dalam atom Fe. Domain hablur ini mempunyai susunan magnet secara selari antara satu sama lain.

Keferomagnetan berlaku di bawah suhu kritikal yang dipanggil suhu Curie, T_C . Pada suhu melebihi T_C , keferomagnetan hilang dan bahan menjadi paramagnet (Kasap, 2000).

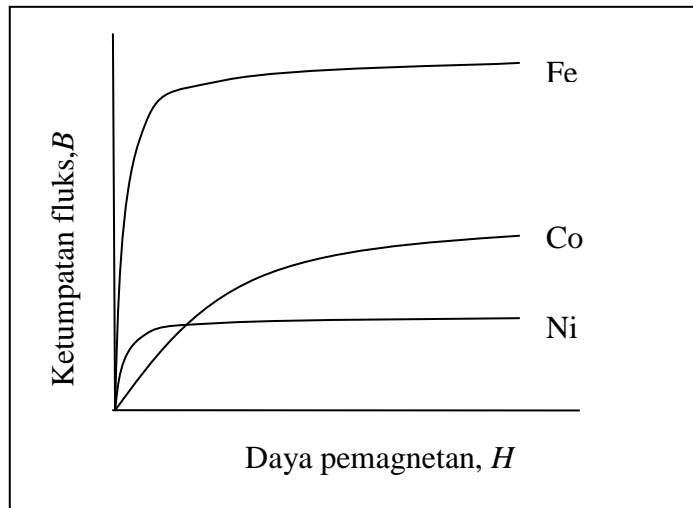


Rajah 2.2 Momen magnet yang dijajar pada arah yang sama (Kasap, 2000)

Kebolehtelapan relatif bagi bahan ini adalah besar dari uniti dan bergantung kepada kekuatan medan. Elemen feromagnet yang kuat pada suhu normal ialah besi, kobalt dan nikel. Besi mempunyai kerentanan yang paling tinggi serta kosnya juga rendah dan sesuai untuk digunakan secara lebih meluas. Di samping itu, besi turut mempunyai ketulenan yang tinggi dari segi kebolehtelapan tinggi serta mengurangkan kehilangan histeresis. Kebolehtelapannya sebanyak 2000.

Manakala nikel juga merupakan elemen feromagnet yang penting. Keupayaannya sebagai bahan feromagnet bertambah baik jika dialoi dengan besi dan kobalt. Kebolehtelapan nikel dalam 300. Kobalt mempunyai kebolehtelapan 250 dan meningkat dengan suhu sehingga 300°C . Ia akan hilang keupayaan magnet sekiranya suhu menjangkau 113°C . Dalam Rajah 2.3 menunjukkan lengkungan aruhan normal yang biasa bagi sampel besi, nikel dan kobalt pada ketulenan tinggi.

Perbezaan kecil dalam darjah ketulenan atau dalam prosedur penyepuhlindapan membawa kepada perbezaan besar pada aruhan normal. Ini mungkin kerana besi mempunyai ketelapan tinggi dan kos yang rendah adalah faktor membuatkan ia adalah elemen komersial yang penting (Rajput, 2003).

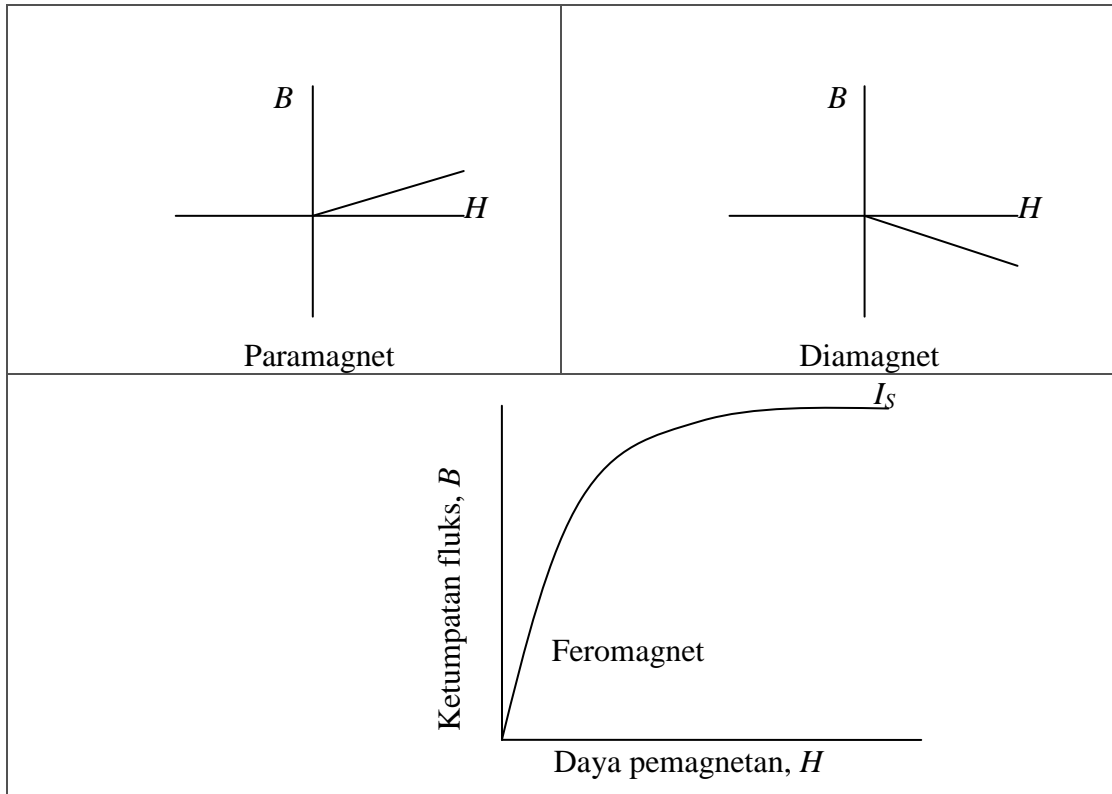


Rajah 2.3 Lengkungan aruhan-normal bagi sampel besi, nikel dan kobalt (Rajput, 2003)

Bahan feromagnet tidak dimagnetkan jika tiada daya gerak magnet (d.g.m) melalui spesimen dan ia tidak menghasilkan medan magnet dengan sendirinya. Oleh itu tiada ketumpatan fluks B dan keamatan medan magnet H . Bahan feromagnet berbeza dengan bahan paramagnet dan diamagnet. Mereka boleh digambarkan seperti sifat di bawah:

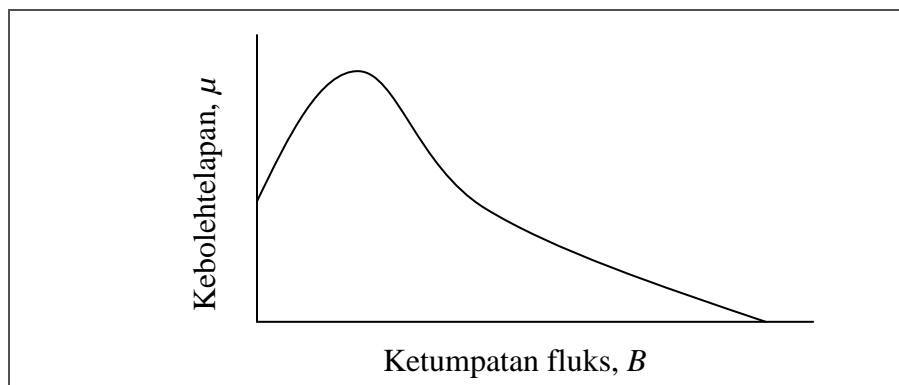
- a. Lengkung pemagnetan yang mendekati magnet tepu boleh diperoleh
- b. Fenomena histeresis mengiringi proses pemagnetan apabila medan songsang
- c. Suhu yang melebihi suhu Curie akan menyebabkan kesan feromagnet hilang dan bahan tersebut menjadi paramagnet

Untuk bahan diamagnet dan paramagnet, terdapat hubungan linear antara daya pemagnetan, H , dan ketumpatan fluks B seperti dalam Rajah 2.4. Tiada hubungan linear dalam bahan feromagnet. Perubahan yang kecil pada H memberikan perbezaan yang besar pada B . Hubungan ini ditunjukkan dalam pemagnetan atau lengkung B - H seperti Rajah 2.4.



Rajah 2.4 Hubungan antara B dan H dalam bahan paramagnet, diamagnet dan feromagnet (Stanley, 1963)

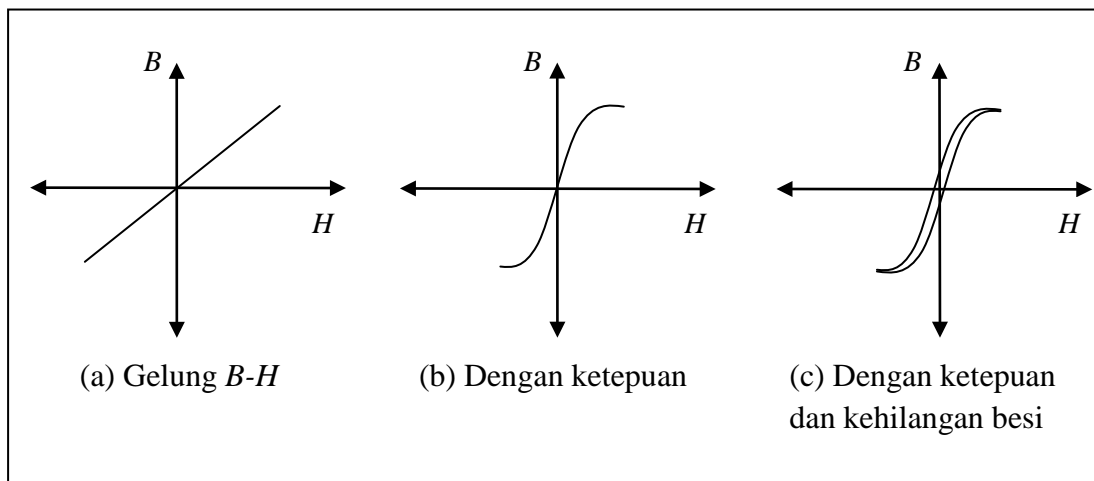
Apabila H meningkat, ketumpatan fluks meningkat dengan mendadak. Ini boleh dibuktikan dari lengkung B - H ini, iaitu kebolehtelapan (nisbah B/H) meningkat sehingga pemagnetan tepu, I_s , adalah pemalar. Gaya kebolehtelapan berubah dengan fungsi B ditunjukkan pada Rajah 2.5.



Rajah 2.5 Perubahan kebolehtelapan terhadap ketumpatan fluks (Stanley, 1963).

2.5 Lengkung $B-H$ bahan magnet

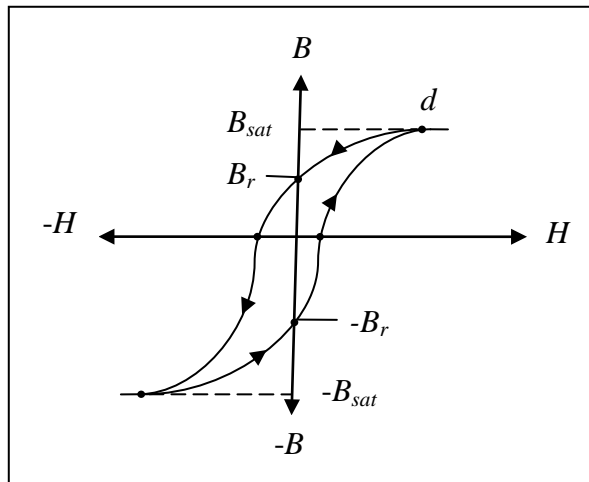
Lengkung $B-H$ bagi bahan magnet menunjukkan hubungan antara ketumpatan fluks magnet B sebagai fungsi kepada keamatan medan magnet H . Bagi bahan yang bersifat ideal, lengkung $B-H$ adalah garis lurus dan mempunyai kecerunan bersamaan dengan kebolehtelapan bahan, μ (Rajah 2.6 (a)).



Rajah 2.6 Bentuk gelung $B-H$ kesan daripada ketepuan dan kehilangan besi (Soong, 2008).

Ketepuan magnet membataskan pencapaian maksimum ketumpatan fluks bahan magnet dan menyebabkan lengkung $B-H$ menjadi tak linear seperti Rajah 2.6 (b), manakala Rajah 2.6 (c) pula menunjukkan lengkung $B-H$ yang mempunyai gelung berikutan terdapat kehilangan besi iaitu kehilangan arus pusing dan kehilangan histeresis (Soong, 2008).

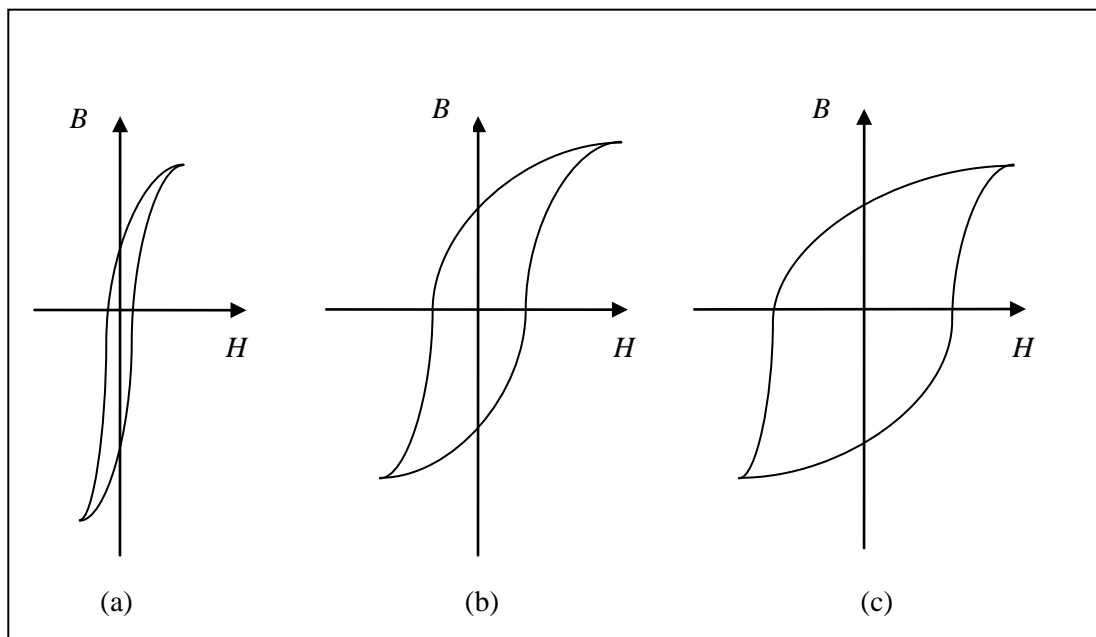
Bentuk gelung histeresis bergantung kepada magnitud medan yang dikenakan selain daripada bahan, bentuk sampel dan saiz. Luas yang merangkumi gelung ialah tenaga yang dilesapkan per unit isipadu per kitaran ayunan medan yang dikenakan. Rajah 2.7 menunjukkan gelung histeresis tepu (major) di mana B_{sat} ialah pemagnetan tepu pada d dan B_r ialah kebakian.



Rajah 2.7 Hubungan B melawan H dalam gelung histeresis (Kasap, 2000)

Manakala Rajah 2.8 pula menunjukkan gelung $B-H$ bagi jenis bahan magnet lembut dan keras yang berbeza. Bentuk gelung bergantung kepada faktor berikut:

- Kebolehtelapan
- Ketersimpanan
- Kepaksaan bahan (Kasap, 2000).



Rajah 2.8 Gelung histeresis (Rajput, 2003)

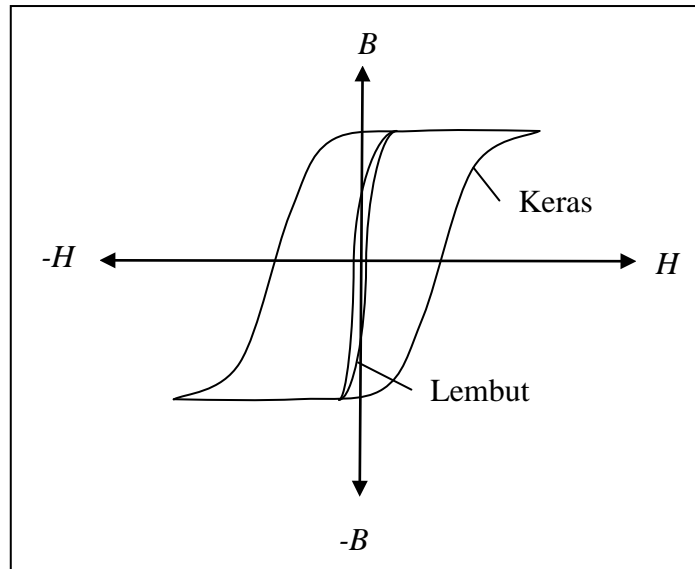
Rajah 2.8 (a) menunjukkan satu gelung dengan kenaikan mendadak yang mana menandakan bahawa kebolehtelapannya sangat tinggi. Manakala luas di bawah lengkung pula sangat kecil bermaksud bahawa bahan itu agak sesuai untuk kemagnetan berbalik cepat. Gelung ini merujuk kepada bahan seperti besi, aloi silikon, atau permaloi yang mana sesuai untuk pengubah, motor, penjana dan angker.

Rajah 2.8 (b) menunjukkan gelung bagi besi tempa dan keluli tuangan. Gelung ini naik mendadak tetapi tidak setakat seperti kes pertama. Gelung ini menunjukkan bahawa kebolehtelapan adalah tinggi dan besar memintas atas paksi B bermakna bahan ini mempunyai ketersimanan yang baik. Bahan yang memiliki gelung seperti ini digunakan untuk membuat teras elektromagnet.

Rajah 2.8 (c) mempamerkan gelung bagi keluli keras. Luas yang besar menunjukkan bahawa bahan tersebut tidak sesuai untuk kemagnetan berbalik cepat. Tetapi pada masa yang sama daya paksa yang besar membuatkan bahan ini sesuai untuk aplikasi magnet kekal (Rajput, 2003).

2.6 Bahan magnet lembut dan keras

Berdasarkan kepada sifat $B-H$, kejuruteraan bahan biasanya mengklasifikasikan bahan kepada bahan magnet lembut dan keras. Lengkung histeresis $B-H$ ditunjukkan dalam Rajah 2.9. Bahan magnet lembut senang dimagnetkan dan dinyahmagnet, oleh itu ia memerlukan keamatan medan magnet yang agak rendah. Sebaliknya, gelung $B-H$ bahan magnet lembut yang sempit bermakna gelung histeresis mempunyai luas yang kecil maka kehilangan kuasa per kitaran turut kecil.



Rajah 2.9 Lengkung $B-H$ bahan magnet lembut dan keras (Kasap, 2000)

Bahan magnet lembut biasanya sesuai untuk kegunaan yang kitaran pemagnetan dan penyahmagnetannya berlaku berulang-ulang sebagai contoh dalam motor elektrik, pengubah dan pengaruh di mana medan magnet berubah secara berkitaran. Ini juga memerlukan kehilangan histeresis rendah atau luas gelung histeresis yang kecil.

Walaupun bagaimanapun, bahan magnet keras sebaliknya sukar untuk dimagnet dan dinyahmagnet serta memerlukan keamatan medan magnet yang agak besar, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.9. Lengkung $B-H$ lebih luas dan seakan-akan bentuk segiempat. Bahan ini mempunyai kepaasaan yang agak besar iaitu ia memerlukan medan yang besar untuk dimagnetkan. Medan paksa bagi bahan magnet keras boleh jadi berjuta kali ganda lebih besar dari bahan magnet lembut. Sifat dan cirinya membuatkan ia sangat berguna sebagai magnet kekal dalam pelbagai kegunaan (Kasap, 2000).

Perbedaan sifat di antara bahan magnet lembut dan keras boleh dijelaskan melalui sifat-sifat domain. Bahan magnet lembut mempunyai domain yang mudah untuk berpusing dan membesar. Oleh itu apabila medan magnet disingkirkan, domain mudah dipisahkan dan bahan tersebut mempunyai sedikit kemagnetan kekal. Bahan magnet keras mempunyai domain yang berada dalam posisi tidak bergerak dan apabila medan magnet disingkirkan, domain cenderung untuk kekal dengan posisi yang sama. Maka, ini menunjukkan bahawa bahan ini mengekalkan kemagnetannya (Bolton, 1992).

2.6.1 Bahan magnet lembut

Penggunaan komposit besi-damar untuk aplikasi dalam bahan magnet lembut bukanlah sesuatu yang baru. Ia telah muncul lebih dari 100 tahun yang dulu tetapi komposit besi-damar jarang digunakan disebabkan sifat, teknologi pemprosesan dan keperluan utama bahan ini tidak secukupnya dimajukan. Bagaimanapun, pembatasan ini diatasi dengan memperbaiki bahan mentah dan pembentukan teknologi baru.

Beberapa tahun kebelakangan ini, minat dalam kajian bahan magnet lembut meningkat sejajar dengan kemajuan dalam sintesis bahan dan teknik pencirian serta kesedaran bahawa bahan ini memiliki banyak sifat fizikal dan kimia yang unik dan berpotensi dalam aplikasi teknologi (Shokrollahi dan Janghorban, 2007).

Komposit magnet lembut boleh diuraikan sebagai partikel serbuk feromagnet yang dikelilingi oleh penebat filem elektrik. Komponen komposit magnet lembut ini selalunya diperbuat daripada padatan magnet kekal bergabung dengan teknik baru seperti dua langkah pemadatan, pemadatan panas, dan menyepuhlandap magnet seterusnya diikuti dengan rawatan haba pada suhu yang rendah. Lapisan

penebat digunakan pada permukaan serbuk besi padat seperti Rajah 2.10 (Zoltán Pólik et al., 2007).



Rajah 2.10 Gambarajah skema bagi komponen teras serbuk (Pennander dan Jack, 2003).

Proses metalurgi serbuk memerlukan masa yang panjang untuk menghasilkan komponen bahan magnet lembut untuk aplikasi berfrekuensi tinggi. Oleh sebab pengagihan sela udara dan sifat frekuensi tinggi yang baik, teras yang diperbuat daripada bahan magnet lembut pada hari ini merupakan penyelesaian kos yang efisien bagi komponen aruhan dalam pelbagai aplikasi penapisan dan penukaran kuasa (Andersson dan Hofecker, 2009)

Penambahan sedikit peratus silikon ke dalam besi lembut meningkatkan sedikit sebanyak kualiti bahan tersebut, antaranya ialah:

- Kebolehtelapan relatif meningkat
- Medan paksa H_c menurun yang mana menyebabkan pengurangan kehilangan histeresis
- Kerintang elektrik meningkat dan menyebabkan kehilangan arus pusar berkurang

- Kebakian kecil, oleh itu hanya sedikit pemagnetan berlaku ketika ketiadaan medan magnet
- Kestabilan sifat magnet terhadap masa meningkat
- Luas yang merangkumi gelung histeresis kecil maka sedikit tenaga hilang per kitaran

Kehadiran silikon memberi kesan kepada parameter magnet iaitu aruhan ketepuan yang menyebabkan ia sedikit berkurang. Antara kesan lain ialah silikon turut menyebabkan besi menjadi rapuh. Penggunaan silikon yang melebihi 5% akan menyebabkan besi menjadi mudah pecah dan sukar untuk diguna pakai.

Selalunya aloi yang mengandungi 1-2.5% silikon digunakan dalam motor, penjana dan lain-lain mesin berputar manakala aloi dengan 3-4.5% silikon pula digunakan pada pengubah. Peningkatan dalam kebolehtelapan dan pengurangan dalam kehilangan histeresis merujuk kepada kehadiran silikon sementara karbon tidak termendak dalam karbida besi tetapi dalam grafit (Robert, 1988).

Kemajuan dalam rekabentuk mesin dan teknik penghasilan yang baru ke atas komposit serbuk ini membuatkan bahan magnet lembut sebagai satu bahan yang menarik untuk digunakan secara meluas dalam motor elektrik menggantikan bahan berlapis yang sedia ada. Bahan komposit ini memberi beberapa kelebihan berbanding teras keluli berlapis dalam kebanyakan aplikasi. Ciri-ciri unik ini termasuklah jumlah kehilangan arus pular dan kehilangan teras yang rendah pada frekuensi sederhana dan tinggi, memiliki sifat terma yang lebih baik, kepelbagaian dalam rekabentuk mesin, mengurangkan saiz dan berat bahan serta dapat menjimatkan kos pengeluaran (Shokrollahi dan Janghorban, 2007).

Oleh itu, pembuatan bahan magnet lembut boleh dijadikan sebagai alternatif menggantikan keluli berlapis untuk digunakan sebagai aplikasi baru seperti dalam mesin berputar, penapis elektron, penderia dan solenoid pensuisan cepat (Gordon, 1990). Penemuan baru dalam penyelidikan bahan menghasilkan bahan magnet lembut juga menawarkan kebolehan dalam aplikasi arus ulang alik (a.u) setara dengan keluli berlapis pada kos yang sama.

Walaupun bagaimanapun, bahan magnet lembut perlu menunjukkan sifat magnet, elektrik dan mekanik yang baik berbanding dengan keluli berlapis yang sedia ada. Ini penting untuk menentukan dan mengukur sifat pemagnetan arus ulang alik (a.u) dan arus terus (a.t) bahan magnet lembut sebelum digunakan untuk apa-apa aplikasi.

Selain itu, bahan magnet lembut boleh digunakan sebagai pengganda fluks yang efisien dalam pelbagai jenis peranti termasuklah dalam pengubah, penjana dan motor, yang digunakan untuk penjanaan dan pengagihan tenaga elektrik serta dalam aplikasi peralatan dari alatan isi rumah hinggalah kepada peralatan saintifik (Fiorillo, 2004).

Komposit bahan lembut ini boleh digunakan dalam pengulangan, penjana dan motor elektrik, yang mana banyak digunakan dalam pelbagai aplikasi yang melibatkan perkakas kuasa, seperti gerudi, gergaji, alat berkebun dan sebagainya. Komposit magnet lembut juga mempunyai batasan: pada satu bahagian ia memiliki kebolehtelapan dan aruhan magnet yang maksimum berbanding keluli berlapis, tetapi pada satu bahagian pula prosedur pelogaman magnet yang digunakan untuk memperoleh teras berserbuk lembut adalah tidak sesuai mengikut semua saiz dan bentuk komponen teras (Shokrollahi dan Janghorban, 2007).