

**Analisis Magnetoimpedansi Multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$
Hasil Elektrodeposisi Pada Substrat Cu-PCB**

TESIS

**Disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Magister
Program Studi Ilmu Fisika**



Oleh

FRENDI MAULANA

S911308006

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SEBELAS MARET SURAKARTA**

2017

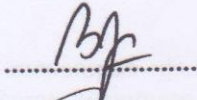

KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FASALTA FISIKA

**Analisis Magneto-Impedansi Multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$
Hasil Elektrodeposisi Pada Substrat Cu-PCB**

TESIS

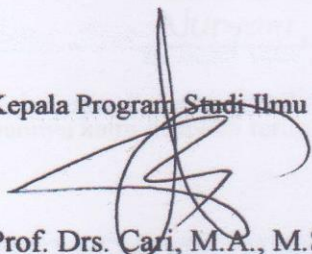
Oleh
FRENDI MAULANA

S911508006

Pembimbing	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Pembimbing I.	Dr. Eng. Budi Purnama, S.Si, M.Si NIP. 19731109200031001		12 Juli 2017
Pembimbing II.	Nuryani, S.Si., M.Si., Ph.D NIP. 196903032000031001		12/07/2017

Telah dinyatakan memenuhi syarat
pada tanggal2017

Kepala Program Studi Ilmu Fisika


Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D
NIP. 196103061985031002

HALAMAN PENGESAHAN

Analisis Magneto-Impedansi Multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$

Hasil Elektrodeposisi Pada Substrat Cu-PCB

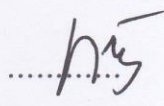



TESIS

Oleh

**Frendi maulana
S911508006**

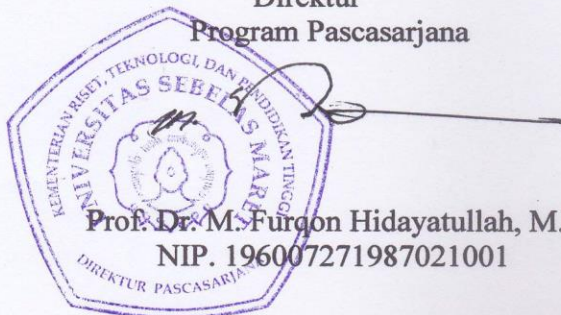
**Telah dipertahankan di depan penguji
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
pada tanggal Agustus 2017**

Tim Penguji :

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
Ketua	Prof. Dra. Suparmi, M.A., PhD NIP. 195209151976032001	
Sekretaris	Dr. Agus Supriyanto, M.Si NIP. 196908261999031001	
Anggota Penguji	Dr. Eng. Budi Purnama, S.Si., M.Si NIP. 197311092000031001	
	Nuryani, S.Si., M.Si., Ph.D NIP. 196903032000031001	

Mengetahui:

**Direktur
Program Pascasarjana**



**Prof. Dr. M. Furqon Hidayatullah, M.Pd
NIP. 196007271987021001**

**Kepala Program Studi
Ilmu Fisika**

**Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D
NIP. 19610306 1985031002**

PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSYARATAN PUBLIKASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Tesis yang berjudul: “Analisis Magneto-Impedansi Multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$ Hasil Elektrodeposisi Pada Substrat Cu-PCB” ini adalah karya sendiri dan tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis dengan acuan yang disebutkan sumbernya baik dalam naskah karangan dan daftar pustaka. Apabila ternyata didalam naskah tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiat (plagiarism), maka saya bersedia menerima sanksi, baik tesis beserta gelar magister saya dibatalkan serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
2. Publikasi sebagian atau keseluruhan dari tesis ini pada jurnal atau forum ilmiah harus menyertakan tim promotor sebagai author dan UNS sebagai institusinya. Apabila saya melakukan pelanggaran dari ketentuan publikasi ini, maka saya bersedia mendapatkan sanksi akademik yang berlaku.

Surakarta, 15 agustus
2017
Mahasiswa

Frendi Maulana
(S911508006)

MOTTO

مَنْ أَرَادَ الدُّنْيَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ وَمَنْ أَرَادَ الآخِرَةَ فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ وَمَنْ
أَرَادَهُمَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ

Artinya : "Barang siapa yang menghendaki kehidupan dunia maka dengan ilmu, dan barang siapa yang menghendaki kehidupan Akherat, maka dengan ilmu, dan barang siapa menghendaki keduanya maka dengan ilmu". (HR. Turmudzi)

Mindset is DO'A

(Penulis)

PERSEMBAHAN

Tesis ini merupakan hasil dari perjuangan panjang dengan penuh ketekunan, keyakinan dan kesabaran, serta doa. Dengan rasa syukur kepada Allah SWT, tesis ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua (bapak dan Ibu) tercinta yang senantiasa memberikan dukungan spiritual dan materi, terima kasih untuk curahan cinta, do'a dan pengorbanan sampai perjuangan hingga saat ini.
2. Paman-pamanku yang selalu meyakinkanku, memotivasiku serta adik-adikku G. Yuda Anggara dan Khoirul Riantoro yang tidak terputus memberi pelajaran hidup, mengajarkan arti persaudaraan; nilai dari peran seorang kakak.
3. Rekan-rekan seperjuangan magister ilmu fisika angkatan 2015, yang memberi kesan ter-gokil dan begitu banyak momen indah saat-saat menjalani perkuliahan dan *holliday tour* bersama.
4. Rekan-rekan seperjuangan di magister Pendidikan dan murni yang selalu berbagi pengalaman, saran dalam menempuh studi ini.
5. Rekan-rekan alumni tupai 2010, IMAFIS, UM Metro, IAIN Jurai Siwo “terima kasih”.
6. Seseorang yang masih dirahasiakan Allah SWT yang insyaallah menjadi pelengkap dalam ibadah ini.

Frendi Maulana, S911508006. **Analisis Magneto-impedansi Multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$ Hasil Elektrodeposisi pada Substrat Cu-PCB.** Tesis. Pembimbing I: Dr. Eng. Budi Purnama, S.Si., M.Si Pembimbing II: Nuryani, S.Si., M.Si., Ph.D. Program Studi Ilmu Fisika, Program Pascasarjana, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

ABSTRAK

Sampel Multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$ telah dibuat menggunakan metode elektro-deposisi pada substrat Cu-PCB. Penelitian ini bertujuan mengkaji hubungan rasio antara MI dengan: (i) frekuensi arus ac pengukuran (20 kHz – 100 kHz) (ii) pengaruh variasi ketebalan lapisan konduktif Cu (iii) pengaruh jumlah perulangan multilapisan N, (iv) pengaruh geometri panjang sampel, (v) pengaruh treatment panas sampel, (vi) pengaruh geometri sudut sampel.

Metode eksperimen fabrikasi elektro-deposisi dalam penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut: preparasi, pembuatan larutan elektrolit, elektrodeposisi, karakterisasi sampel, analisis, dan kesimpulan.

Hasil karakterisasi menunjukkan nilai rasio Magneto-impedansi (MI) meningkat dengan bertambahnya frekuensi arus AC (20 kHz – 100 kHz). Hasil ini konsisten untuk semua sampel multilayer yang telah dihasilkan. Rasio MI juga didapat bertambah dengan penambahan jumlah perulangan multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$ atau meningkat ± 1.61 kali lipat (3.32 % menjadi 5.36 %). Sedangkan hasil karakterisasi pada variasi/modifikasi ketebalan lapisan spacer Cu menunjukkan bahwa rasio MI meningkat ± 1.02 kali lipat dengan berkurangnya ketebalan lapisan spacer Cu yaitu semakin tebal lapisan spacer Cu maka rasio MI semakin kecil. Ekspresi lain dari hasil karakterisasi pada variasi panjang sampel menunjukkan bahwa rasio MI meningkat ± 1.7 kali lipat dengan bertambahnya panjang substrat Cu-PCB dari 2 cm hingga 4 cm. Selain itu Rasio MI meningkat ± 2.05 kali lipat dengan bertambahnya geometri sudut sampel. Hasil karakterisasi lain menunjukkan rasio MI menurun dengan meningkatnya suhu (heat treatment) dari 7,63 % (tanpa *treatment* panas pada sampel) menjadi 4,78 % (*treatment* panas 100 °C) pengukuran hari pertama dan 6,39 % (tanpa *treatment* panas pada sampel) menjadi 4,25 % (*treatment* panas 100 °C) dihari kelima.

Kata kunci: Magnetoimpedansi, Elektrodeposisi, Multilapisan NiFe/Cu, Ketebalan Spacer Cu, Jumlah Perulangan multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$, panjang sampel, *treatment* panas, geometri sudut sampel.

Frendi Maulana, S911508006. **Magneto-impedance Analysis Multilayer $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$ Is The Results Electrodeposited on Cu-PCB Substrate.** Supervisor I: Dr. Eng. Budi Purnama, S.Si., M.Si Supervisor II: Nuryani, S.Si., M.Si., Ph.D. Graduate Physics Program, Graduate Study, Sebelas Maret University Surakarta.

ABSTRACT

The Multilayered $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$ sample was prepared using the electro-deposition method on Cu-PCB substrate. This study aims to examine the relationship of the ratio of MI to: (i) frequency current ac measurement (20 kHz - 100 kHz), (ii) the thickness of the conductive layer Cu, (iii) the number iteration multilayer N, (iv) geometry of the sample length, (v) heat treatment of samples, (vi) angle (angular) geometry sample.

The research method includes the experimental electro-deposition fabrication with stages, as follows: preparation, manufacturing electrolytic solution, electro-deposition, characterization of sample, analysis, and conclusions.

The result showed the ratio MI is greater with increasing frequency of ac current (20 kHz - 100 kHz). These result is consistent for all multilayer samples that have been produced. MI also increases by looping the number of layers in multilayer $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$ or increased ± 1.61 times (3.32% to 5.36%). While the result of characterization on the variation / modification of layer thickness of Cu spacer showed that the ratio of MI increased ± 1.02 fold with reduced layer thickness of Cu spacer that is thicker layer of spacer Cu hence smaller ratio of MI. Another expression of the characterization results in the length variation of the sample showed that the MI ratio increased ± 1.7 fold with the increase of Cu-PCB substrate length from 2 cm to 4 cm. In addition, MI ratio increased ± 2.05 fold with increasing angle (angular) geometry sample. Other characterization results showed the MI ratio decreased with increasing of heat treatment from 7.63% (without treatment) to 4.78 % (100°C) in the first day measurement and 6.39% (without treatment) to 4.25% (100°C) on the fifth day.

Keywords: Magnetoimpedance, Electrodeposited, Multilayer NiFe/Cu, Thickness of Spacer Cu, Number of Iteration $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$, sample length, heat treatment, angle (angular) geometry.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul “Analisis Magnetoimpedansi Multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$ Hasil Elektrodeposisi Pada Substrat Cu-PCB”.

Tesis ini ditulis dan disusun dengan tujuan untuk memenuhi syarat dalam meraih derajat megister (S.2) pada Program Studi ilmu Fisika Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. M. Furqon Hidayatullah, M.Pd, selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Bapak Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D selaku Ketua Program Studi Ilmu Fisika Pascasarjana Universitas Sebelas Maret..
3. Bapak Dr. Eng. Budi Purnama, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing I yang senantiasa dengan sabar telah memberikan bimbingan, saran, arahan, motivasi dan memberikan dana penelitian kepada penulis untuk dapat menyelesaikan tesis ini.
4. Bapak Nuryani, S.Si., M.Si., Ph.D selaku dosen pembimbing II yang senantiasa dengan sabar telah memberikan bimbingan, saran, dan arahan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan tesis ini.
5. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Ilmu Fisika Pascasarjana Universitas Sebelas Maret yang telah memberikan pendidikan dan pengajaran dalam bidang fisika selama penulis menempuh studi.
6. Semua pihak yang penulis tidak bisa sebutkan satu-persatu ikut terlibat dalam penyusunan tesis ini dan memberikan kontribusi dalam menyelesaikan tesis ini.

Semoga dengan bantuan yang diberikan mendapat balasan pahala disisi Tuhan YME dan penulis berharap semoga tesis ini bermanfaat, walaupun penyusunan tesis ini masih banyak terdapat kekurangan, kesalahan dan jauh dari kesempurnaan..

Surakarta, 19 juni 2017

Frendi Maulana

(S911508006)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Pernyataan	iii
Pernyataan Keaslian dan Publikasi	iv
Halaman Motto	v
Halaman Persembahan	vi
Abstrak	vii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xvi
Daftar Singkatan dan Lambang	xvii

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Magnetik	5
2.2. Magnetoimpedance (MI)	8
2.3 <i>Skin Depth</i>	10
2.4. Domai wall	15
2.5. Medan Demagnetisasi (Hd)	18
2.6. Fenomena Magnetoimpedansi Pada Multilapisan	21
2.7. Fenomena Magnetoimpedansi Pada Bentuk Geometri Sampel	23
2.8. Fenomena Magnetoimpedansi Karena Pengaruh Suhu	24

BAB III. METODE PENELITIAN

A. Waktu Dan Tempat Penelitian.....	27
B. Alat Penelitian.....	27
C. Bahan Penelitian	29
D. Diagram Alur Penelitian	30
E. Preparasi Substrat.....	31
F. Preparasi Larutan Elektrolit	32
G. Elektrodeposisi	33
H. Pengukuran MI	36

BAB IV. PEMBAHASAN

A. Magneto-Impedansi (MI) multilapisan [Ni ₈₀ Fe ₂₀ /Cu] _N Substrat Cu-Pcb	39
B. Fenomena MI multilapisan [Ni ₈₀ Fe ₂₀ /Cu] ₆ Substrat Cu-Pcb pada Frekuensi rendah Arus AC	42
C. Fenomena MI pada variasi panjang sampel multilapisan [Ni ₈₀ Fe ₂₀ /Cu] ₄ Substrat Cu-Pcb	46
D. Fenomena MI pada variasi Ketebalan Spacer Cu multilapisan [Ni ₈₀ Fe ₂₀ (800 nm)/Cu(..nm)] _N Substrat Cu-Pcb	51
E. Magneto-Impedansi pada jumlah multilapisan [Ni ₈₀ Fe ₂₀ /Cu] _N Substrat Cu-PCB	54
F. Efek MI pada variasi sudut sampel substrat Cu-PCB Multilapisan [Ni ₈₀ Fe ₂₀ /Cu] ₃	57
G. Fenomena MI pada variasi treatment panas multilapisan [Ni ₈₀ Fe ₂₀ /Cu] ₃	59
H. Performa Sensor Berbasis Magnetoimpedansi	62

BAB V. PENUTUPAN

A. Kesimpulan	65
B. Saran	65

DAFTAR PUSTAKA	66
-----------------------------	----

LAMPIRAN	70
-----------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	skema momen magnetik untuk beberapa material (a) feromagnetik (b) paramagnetik (c) antiferomagnetik, dan (d) ferimagnetik.....	7
Gambar 2.2	grafik impedansi listrik total z sebagai fungsi medan magnet H untuk multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_3$ pada frekuensi pengukuran 100 kHz dan grafik rasio MI sebagai fungsi frekuensi	9
Gambar 2.3	ilustrasi pengaruh frekuensi terhadap skin efek (atau skin depth).....	12
Gambar 2.4	skematik perubahan nilai skin depth dan permeabilitas terhadap medan magnet.....	13
Gambar 2.5	(a), (b), (c) dan (d) perilaku permeabilitas terhadap medan magnet luar. ...	14
Gambar 2.6	typikal skema domain magnetik sampel.	16
Gambar 2.7.	Dua jenis domain wall yang berbeda bertransisi 180° (a).....d inding domain dengan wide wall (b) dinding domain dengan (b).....d aerah yang lebih tipis.....	16
Gambar 2.8	(a) struktur dinding normal pada dinding Bloch dan (b) dinding Neel.	17
Gambar 2.9	medan magnet batang diterapkan dimedan H nol.	18
Gambar 2.10	keadaan B diterapkan pada medan yang awalnya seragam.....	20
Gambar 2.11	(a) struktur domain pada sistem multilapisan (b) tampang lintang dari multilapisan	21
Gambar 2.12.	gerakan domain ketika magnetisasi transversal	26
Gambar 3.1.	diagram alur penelitian	30
Gambar 3.2.	variasi sampel Cu-PCB.....	31
Gambar 3.3	Skema proses elektrodeposisi (a) NiFe dan (b) Cu	33
Gambar 3.4.	Skema hasil elektrodeposisi multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$	35
Gambar 3.5	Skema pengukuran MI pada multilayer $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$	37

Gambar 3.6	arah arus dan medan magnet	37
Gambar 4.1	Fenomena impedansi (Z) multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_4$ substrat Cu-PCB panjang 2,5 cm	39
Gambar 4.2	Rasio MI pada frekuensi pengukuran 100 kHz (a) hasil penelitian dan (b) hasil penelitian Atalay et al.,	41
Gambar 4.3	Fenomena MI pada frekuensi rendah (20 sampai 100 kHz), (a).....k urva impedansi sebagai fungsi medan dan (b) besar impedansi sebagai fungsi frekuensi	42
Gambar 4.4	kurva MI sebagai fungsi medan, (a) hasil publikasi oleh Cos et al., (2008) pada frekuensi sedang (b) hasil penelitian multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_3$ pada frekuensi rendah (<100 kHz)	44
Gambar 4.5	kurva rasio MI pada frekuensi rendah arus AC multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_6$ (a) (b) dan (c) hasil penelitian, (d) hasil publikasi oleh Seet et al., (2006).....	44
Gambar 4.6	Impedansi (Z) sampel Cu-PCB multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_4$ pada frekuensi 100 kHz panjang sampel 2 cm, 2,5 cm, 3 cm, 3,5 cm dan 4 cm.	46
Gambar 4.7	Pengaruh panjang sampel multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$ terhadap rasio magneto-impedansi (a)(b) hasil penelitian substrat Cu-PCB (c) hasil penelitian substrat wires, Ismail et al. (2016) dan (d) hasil penelitian, vazques et al. (2002).....	48
Gambar 4.8	hasil penelitian Phan et al. (2008) pada microwires berbasis Co	49
Gambar 4.9	Impedansi (Z) sampel Cu-PCB multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}(800 \text{ nm})/\text{Cu} (. \text{nm})]_4$	51
Gambar 4.10.	typical kurva MI multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}(800 \text{ nm})/\text{Cu} (. \text{nm})]_N$ variasi ketebalan spacer Cu pada frekuensi 100 kHz. (a,b) hasil penelitian substrat Cu-PCB (c,d) hasil penelitian oleh wicaksono, substrat kawat Cu	52
Gambar 4.11	typical kurva Impedansi (Z) sebagai fungsi medan (H) pengaruh jumlah multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$ substrat Cu-PCB pada frekuensi 100 kHz.	54
Gambar 4.12	(a) kurva rasio magneto-impedansi ($\Delta Z/Z$) multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$	

	pada frekuensi 100 kHz, (b) hubungan N terhadap rasio $\Delta Z/Z$ (%).....	55
Gambar 4.13	nilai resitansi multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$ sebagai fungsi perulangan N.	56
Gambar 4.14	kurva rasio MI multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_3$ frekuensi 100 kHz.....	57
Gambar 4.15	kurva Impedansi sebagai fungsi medan pada variasi suhu annealing sampel multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_3$ frekuensi 100 kHz pengukuran hari pertama	59
Gambar 4.16	kurva rasio MI sebagai fungsi medan dan suhu annealing sampel multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_3$	60
Gambar 4.17	Resistansi sampel multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_3$ di pengukuran hari pertama dan hari kelima.	62

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Tahapan dan Waktu Pelaksanaan Penelitian	27
Tabel 3.2	Alat untuk Elektrodeposisi	27
Tabel 3.3	Alat untuk pengujian	28
Tabel 3.4	Bahan-bahan selama preparasi sampel MI.	29
Tabel 3.5	Larutan elektrolit NiFe (Aydogmus at al., 2014)	29
Tabel 3.6	Larutan elektrolit Cu (Aydogmus at al., 2014).....	30
Tabel 3.7	Bahan kimia dan komposisi larutan NiFe/Cu dengan satuan gram.....	32
Tabel 3.8	Rapat arus dan beda potensial	34
Tabel 3.9	Reaksi kimia (oksidasi-reduksi)	35
Tabel 4.1	Nilai resistansi dan impedansi sampel pada $f < 100$ kHz pada saat $H=0$	46
Tabel 4.2	Resistansi sampel Cu-PCB multilapisan $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}$ variasi panjang l	50
Tabel 4.3	Resistansi multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20} (800 \text{ nm})/\text{Cu} \{ (y)\text{nm} \}]_N$ substrat Cu-PCB	53
Tabel 4.4	Sensitivitas sensor berbasis MI	62

Daftar Singkatan Dan Simbol

Daftar Singkatan

MI	Magneto-impedansi
GMI	Giant Magneto-impedance
Pt	Platina
GMR	Giant Magneto-resistance
Ni	Nikel
Fe	Ferro / besi
pH	Derajat keasaman larutan
$NiSO_4 \cdot 6H_2O$	Nickel sulfat
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	Ferro sulfat
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	Copper sulfat
H_2SO_4	Asam sulfat
$C_6H_8O_3$	Vanilin
H_3BO_4	Asam boraks

Daftar Simbol

Z	Impedansi
$Z(H)$	Impedansi pada saat penerapan medan magnet H
$Z(H_{max})$	Impedansi yang terukur pada penerapan Hmax
ΔZ	Perubahan impedansi
Z_0	Impedansi awal
f	Frekuensi
N	Jumlah perulangan lapisan
B	Induksi magnetik
H	Medan magnet eksternal
H_{max}	Medan magnet luar maksimum
ΔH	Lebar penuh pada setengah maksimum kurva magneto-impedansi
ξ	Sensitifitas sensor magneto-impedansi

μ	Permeabilitas magnetik
μ_0	Permeabilitas magnetik pada ruang bebas
μ_φ	Permeabilitas circumferensial pada kasus konduktor kawat
μ_T	Permeabilitas transverse
R	Resistansi
X	Reaktansi
L	Induktansi
m	Moment magnetik individual
M	Magnetisasi pada medium
T_c	Batas suhu atau temperatur terendah
V_{ac}	Tegangan sinusoida yang diperoleh antara ujung-ujung konduktor
I_{ac}	Arus Sinusoida yang mengalir pada konduktor
ω	frekuensi circular
R_{dc}	Resistansi dc pada kawat silinder
R_m	Resistansi dc pada multilapisan
R_T	Resistansi dc pada single-layer
$2a$	Ketebalan dari pita konduktor magnetik
c	Kecepatan cahaya
σ	Konduktivitas listrik
F	Lapisan magnetik
M	Lapisan Konduktif
NA	Bilangan Avogadro (jumlah atom dalam mol)
F	Konstanta Faraday
I	Kuat arus
t	Waktu deposisi
W	Berat deposisi yang dideposisi pada metal
ρ	Densitas dari logam
A	Luas daerah pada deposisi
T	Ketebalan lapisan yang terbentuk