



TUGAS AKHIR – SF 141501

SINTESIS DAN KARAKTERISASI LAPISAN *RADAR ABSORBING MATERIAL* (RAM) BERBAHAN DASAR BAM/PANI PADA RENTANG GELOMBANG X-BAND DENGAN VARIASI KETEBALAN

**LIAN NUNISA USVANDA
NRP 1112 100 027**

**Dosen Pembimbing
Dr. M. Zainuri, M.Si**

**JURUSAN FISIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - SF 141501

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF
LAYER *RADAR ABSORBING MATERIAL* (RAM)
DERIVES FROM BAM / PANI IN THE RANGE
OF X-BAND WAVE BY THE VARIATION OF
THICKNESS**

**LIAN NUNISA USVANDA
NRP 1112 100 027**

**Advisor
Dr. M. Zainuri, M.Si**

**Department of Physics
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI LAPISAN *RADAR*
ABSORBING MATERIAL (RAM) BERBAHAN DASAR
BaM/PANi PADA RENTANG GELOMBANG X-BAND
DENGAN VARIASI KETEBALAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Bidang Fisika Material
Program Studi S-1 Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

LIAN NUNISA USVANDA
NRP 1112100027

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir
Dr. M. Zainuri, M.Si
NIP. 19640130 199002 1 001



Surabaya, Juni 2016

Sintesis dan Karakterisasi Lapisan *Radar Absorbing Material* (RAM) Berbahan Dasar BaM/PANi Pada Rentang Gelombang X-Band dengan Variasi Ketebalan

Nama : Lian Nunisa Usvanda
NRP : 1112100027
Jurusan : Fisika, FMIPA-ITS
Pembimbing : Dr. M. Zainuri, M.Si

Abstrak

Sintesis dan Karakterisasi Lapisan Radar Absorbing Material (RAM) telah berhasil dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sifat magnetik dari Barium M-Heksaferit yang didoping dengan ion Zn (Seng). Campuran dari Polianilin dan Barium M-Heksaferit digunakan sebagai Radar Absorbing Material (RAM). Prekursor dari ion besi dapat diperoleh dari maerial alamiah yakni pasir besi dari Tanah Laut Kalimantan Selatan. Dalam penelitian ini lapisan RAM terbuat dari komposit BaM/PANi dimana material BaM disintesis dengan menggunakan metode kopresipitasi. Komposit BaM/PANi yang telah dicampur dengan cat, dilapiskan pada permukaan baja AH36. Dalam penelitian ini variasi yang digunakan yaitu ketebalan lapisan (1 mm; 1,5 mm; 2 mm; 2,5 mm; dan 3 mm). Dari penelitian ini diperoleh material Barium M-Heksaferit yang bersifat hard magnetik dapat tereduksi setelah adanya pendopingan, hal tersebut dibuktikan dengan nilai medan koersivitas yang menurun yaitu sebesar 0,25 T. Material PANI dapat dikatakan polimer konduktif dikarenakan PANi memiliki nilai konduktivitas yang paling tinggi yakni sebesar 0,165 s/m. Nilai reflection loss terbesar dihasilkan oleh pelapisan single layer dengan ketebalan 3 mm yaitu sebesar -21,231 dB pada frekuensi 11,5 GHz. Pengaruh ketebalan terhadap nilai reflection loss yaitu semakin tebal lapisan komposit BaM/PANi yang dilapiskan pada plat baja maka akan semakin besar nilai reflection lossnya.

Kata kunci : **Ketebalan, Komposit BaM/PANi, RAM.**

Synthesis and Characterization of Layer *Radar Absorbing Material* (RAM) Derives from BaM / PANi in The Range of X - Band Wave by The Variation of Thickness

Name : Lian Nunisa Usvanda
NRP : 1112100027
Major : Physics, FMIPA-ITS
Advisor : Dr. M. Zainuri, M.Si

Abstract

Synthesis and characterization of Radar Absorbing Material (RAM) Layer has been done successfully. The purposes of this research for to identification magnetical properties of Barium M-Hexaferrite which doped Zinc ion. The mixing of Polyanilin and Barium M-Hexaferrite used as Radar Absorbing Material. Precursors of iron ion have got from natural iron science from Tanah Laut South Borneo. In this research RAM layer made from the composite of BaM/PANi, in which the BaM material synthesized used coprecipitation method. Composite of BaM/PANI that was mixed with paint would coating on the surface of Steel plate AH36. In this research used the thickness variation, the variation were 1 mm; 1,5 mm; 2 mm; 2,5 mm; and 3 mm. From this research was obtained Baium M-Hexaferrite that had hard magnetic character could get reduction after had got doping. It could be proven by the result of coercivity field values was decreased in the amount of 0.25 T. PANi material could be said the conductive polymer because PANi had the highest conductivity value which was equal to 0.165 s/m. The value of reflection loss was produced by a single coating layer with the thickness of 3 mm that was equal to -21.231 dB at a frequency of 11.5 GHz. The influence of the thickness of the reflection loss value was the more thicker of the layers of composite BAM / PANi that was superimposed on a steel plate, it would be more than the value of reflection loss.

Keyword : Thickness, Composite of BaM/PANi, RAM

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
COVER PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Barium M-Heksaferit ($BaFe_{12}O_{19}$).....	7
2.1.1 Bahan Softmagnetik	8
2.1.2 Bahan Hardmagnetik.....	9
2.3 Gelombang Mikro.....	11
2.4 Radar Absorbing Material (<i>RAM</i>)	13
2.5 Pelapisan Single Layer	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Peralatan dan Bahan.....	15
3.1.1 Peralatan	15
3.1.2 Bahan.....	15
3.2 Prosedur Penelitian	16
3.2.1 Preparasi Pasir Besi.....	16
3.2.2 Sintesis Barium M-Hexaferrite	16
3.2.3 Sintesis Polianilin/PANi.....	17
3.2.4 Pelapisan Single Layer	18

3.2.5	Karakterisasi Material	19
3.2.5.1	XRF (X-Ray Fluorescence).....	20
3.2.5.2	XRD (X-Ray Diffraction).....	20
3.2.5.3	FTIR (Fourier Transform Infrared).....	21
3.2.5.4	SEM (Scanning Electron Microscopy).....	21
3.2.5.5	Konduktivitas Listrik	22
3.2.5.6	VNA (Vector Network Analyzer).....	22
3.3	Diagram Alir Penelitian	24
3.3.1	Preparasi Pasir Besi.....	24
3.3.2	Sintesis Barium M-Hexaferrite.....	25
BAB IV	ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	29
4.1	Hasil Pemurnian Pasir Besi	29
4.2	Sintesis Barium M-Heksaferit	32
4.3	Sintesis Polianilin	35
4.4	Sintesis Komposit BaM/PANi.....	38
4.5	Analisa Morfologi Material.....	40
4.6	Analisa Sifat Magnetik.....	41
4.7	Analisa Sifat Listrik.....	43
4.8	Analisa Penyerapan Gelombang Mikro	44
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1	Kesimpulan.....	49
5.2	Saran	49
LAMPIRAN	.....	53
BIODATA PENULIS	.....	79

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Karakterisasi X-Ray Fluorescence (XRF) Sebelum Dilakukan Proses Pemurnian	29
Tabel 4.2 Hasil Karakterisasi X-Ray Fluorescence (XRF) Setelah Dilakukan Proses Pemurnian	30
Tabel 4.3 Data Spektra Polianilin	37
Tabel 4.4 Data Spektra Komposit BaM/PANi	39
Tabel 4.5 Hasil Distribusi Elemen-Elemen pada BaM	41
Tabel 4.6 Hasil Identifikasi Penyerap Gelombang Mikro.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Kristal Barium M-Hexaferit.....	8
Gambar 2.2 Kurva Histerisis Material Soft Magnetic (Kanagesan et al., 2010)	9
Gambar 2.3 Kurva Histerisis Material Hard Magnetic (Kanagesan et al., 2010)	9
Gambar 2.4 Polianilin Sebagai Garam Emeraldin pada Media Asam.....	11
Gambar 2.5 Perambatan Gelombang Elektromagnet.....	12
Gambar 2.6 Range Gelombang Elektromagnetik	12
Gambar 2.7 Penyerapan Gelombang Radar	13
Gambar 3.1 Hasil Campuran dari Larutan (a), (b) dan (c)	17
Gambar 3.2 Prekursor Polianilin	18
Gambar 3.3 Pelapisan Secara Single Layer.....	19
Gambar 3.4 Pengukuran Ketebalan	19
Gambar 3.5 X-Ray Diffraction D8 Advance Bruker.	21
Gambar 3.6 FLUKE PM6306.....	22
Gambar 3.7 Alat Karakterisasi VNA	23
Gambar 3.8 Diagram Alir Preparasi Pasir Besi	24
Gambar 3.9 Diagram Alir Sintesis Barium M-Hexaferrite	25
Gambar 3.10 Diagram Alir Sintesis PANi	26
Gambar 3.11 Diagram Alir Pelapisan Single Layer	27
Gambar 4.1 (a) Pasir Besi Sebelum Pemurnian dan (b) Pasir Besi Setelah Pemurnian.....	31
Gambar 4.2 Hasil Karakterisasi XRD pada Pasir Besi	31
Gambar 4.3 Serbuk Barium M-Heksaferit	33
Gambar 4.4 Pola Difraksi Barium M-Heksaferit.....	34
Gambar 4.5 Analisa FTIR pada Material Barium M-Heksaferit ..	35
Gambar 4.6 Hasil Pola Difraksi PANi	36
Gambar 4.7 Hasil Uji Spektroskopi FTIR pada Polianilin.....	37
Gambar 4.8 Ikatan Antar Molekul pada Komposit BaM/PANi ..	39
Gambar 4.9 Hasil Pengamatan Morfologi BaM dengan Perbesaran (a) 1000 kali (b) 35000 kali	40
Gambar 4.10 Kurva Histerisis Magnetik Material BaM.....	42

Gambar 4.11 Hasil Uji Konduktivitas Listrik pada PANi.....	43
Gambar 4.12 Hasil Pelapisan Material RAM.....	45
Gambar 4.13 Analisa Data Penyerapan Gelombang Mikro	46

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	.....	53
LAMPIRAN B	.....	55
LAMPIRAN C	.....	61
LAMPIRAN D	.....	65
LAMPIRAN E	.....	67
LAMPIRAN F	.....	71
LAMPIRAN G	.....	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Kedaulatan Republik Indonesia (NKRI) merupakan salah satu negara yang memiliki sumber daya alam yang melimpah. Hal tersebut sebenarnya dapat menjadi modal dasar bagi pembangunan bangsa. Adanya sumber daya alam ini selain membawa dampak positif ternyata juga memiliki dampak negatif seperti halnya ancaman-ancaman pada kedaulatan bangsa. Oleh karena itu, teknologi pertahanan negara merupakan hal yang paling strategis dalam menjaga kedaulatan bangsa mengingat NKRI memiliki daratan dan lautan yang luas. Tentara Nasional Indonesia bidang pertahanan laut dan udara dapat menjadi pihak yang paling dini dalam mendeteksi keberadaan pihak asing yang akan menyusup ke wilayah NKRI. Namun Alat Utama Sistem Senjata (Alutsista) yang dimiliki oleh kedua angkatan tersebut serba lemah, secara kuantitas jumlah dari Alutsista semakin menyusut sedangkan dari segi kualitas semakin ketinggalan.

Saat ini teknologi penyerapan gelombang elektromagnetik merupakan salah satu teknologi yang banyak dikembangkan. Teknologi penyerap gelombang radar ini biasanya digunakan dalam bidang pertahanan militer. Salah satu contoh yaitu pengembangan mengenai radar. Radar adalah alat yang dapat mendeteksi posisi benda dengan menggunakan *microwave* atau gelombang radio. Pada umumnya radar digunakan oleh angkatan udara maupun angkatan laut untuk mendeteksi adanya kapal ataupun pesawat asing yang masuk ke wilayah negara.

Perkembangan terbaru dari teknologi radar saat ini yaitu dikembangkannya teknologi tandingan dari radar itu sendiri yaitu kapal ataupun pesawat siluman yang tidak dapat dideteksi oleh radar. Mekanisme tak terdeteksinya sebuah objek dari radar berdasarkan pada dua aspek yaitu pertama objek dirancang dengan menggunakan geometri bersudut sehingga pantulan gelombang radar yang mengenai objek tersebut tidak dapat

ditangkap oleh receiver. Sedangkan yang kedua yaitu objek tersebut dilapisi oleh bahan penyerap gelombang radar atau *Radar Absorbing Material* (RAM). RAM merupakan material yang dapat menyerap gelombang mikro, sehingga benda yang telah dilapisi oleh RAM tidak akan dapat dideteksi oleh gelombang radar. Pengaplikasian teknologi RAM telah banyak digunakan dalam bidang kemiliteran, contohnya saja kapal perang. Material RAM ini telah dibuat dalam berbagai bentuk dalam ukuran nanomaterial seperti material nanokomposit.

Pada umumnya material RAM dibuat dari bahan magnetik atau bahan dielektrik saja sehingga serapannya tidak optimum. Hal tersebut mengingat bahwa gelombang elektromagnetik merupakan perpaduan antara medan magnet dan medan listrik yang menjalar secara tegak lurus maka seharusnya terdapat material magnetik yang dapat menyerap sumber magnetik dan material konduktif yang dapat menyerap sumber elektrik. Oleh karena itu muncullah penemuan mengenai perpaduan material magnetik dan material konduktif yang dapat dijadikan material penyerap gelombang radar yang baik.

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Dessy Putri Efhana dkk mengenai "Pembuatan Pelapis Penyerap Gelombang Mikro Berbasis M-Hexaferite $\text{BaFe}_{12-2x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ dari Pasir Alam pada Kabin Pesawat" memperoleh hasil bahwa dengan adanya ion doping Zn optimum sebesar $x = 0,5$ menghasilkan besar penyerapan gelombang mikro sebesar -16 dB, sedangkan pada saat pesawat tidak dilapisi BaM besar serapannya sebesar -7 dB (Efhana et al. 2013). Sedangkan pada penelitian yang lain dilakukan oleh Arasi Syamsir yaitu tentang "Sintesis Nanokomposit PANi/TiO₂/Karbon Sebagai Penyerap Gelombang Mikro" memperoleh hasil bahwa pada saat material Nanokomposit PANi/TiO₂/Karbon yang bersifat dielektrik diberi gelombang dengan frekuensi 10 GHz menghasilkan nilai *reflection loss* sebesar $-40,21$ dB (Syamsir and others 2012a). Berbeda dengan kedua penelitian sebelumnya, Rosyidah Kurniawati melakukan penelitian mengenai "Sintesis Dan

Karakterisasi Struktur Dan Sifat Magnet Komposit Barium M-Heksaferit/ Polianilin Berstruktur *Core-Shell* Berbasis Pasir Besi Alam” yang menghasilkan sifat magnetik dari BaM yang semula hard magnetik dapat dijadikan soft magnetik dengan melakukan penambahan doping Zn sebesar 0,3 dan nilai medan koersivitas 0,0506 T dan remanensi magnetiknya 14,782 emu/g. Sedangkan untuk Struktur *Core-Shell* terlihat bahwa PANi menyebar diseluruh permukaan BaM sehingga menjadi selimut dari BaM itu sendiri. Pada penelitian kali ini akan dilakukan sintesis dan karakterisasi *reflection loss* dari lapisan penyerap gelombang radar berbahan dasar BaM/PANi yang bertujuan mengetahui sifat magnetik dari Barium M-Hexaferite (BaM) yang didoping Zn pada material RAM, mengetahui sifat listrik dari Polyanilin/PANi sebagai salah satu bahan dasar RAM dan mengetahui pengaruh ketebalan lapisan *Radar Absorbing Material* (RAM) terhadap penyerapan gelombang radar. Dalam penelitian ini digunakan variasi ketebalan yaitu 1 mm; 1,5 mm; 2 mm; 2,5 mm; dan 3 mm.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini yaitu:

1. Bagaimana sifat magnetik dari Barium M-Hexaferite (BaM) yang didoping Zn pada material RAM ?
2. Bagaimana sifat listrik dari Polyanilin/PANi sebagai salah satu bahan dasar RAM ?
3. Bagaimana pengaruh dari ketebalan lapisan bahan *Radar Absorbing Material* (RAM) yang terbuat dari Barium M-Hexaferite dan Polianilin (PANi) dengan metode pelapisan single layer ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Material Barium M-Hexaferite dibuat dengan sintesis pasir besi Tanah Laut Kalimantan Selatan
2. Material Barium M-Hexaferite dilakukan pemberian dopan Zn^{2+} dengan variabel $x = 0,3$ yang akan

menghasilkan $\text{BaFe}_{11,7}\text{Zn}_{0,3}\text{O}_{19}$ yang dikalsinasi dengan temperatur kalsinasi 1000°C dan pemberian *holding time* (waktu penahanan) 5 jam.

3. Material PANi dilakukan sintesis senyawa kimia dengan pemberian dopan DBSA.
4. Pelapisan single layer dengan metode *Dallenbach layer*.
5. Pelapisan single layer dengan variabel ketebalan 0,5 mm; 1 mm; 1,5 mm; 2 mm; 2,5 mm.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui sifat magnetik dari Barium M-Hexaferite (BaM) yang didoping Zn pada material RAM.
2. Mengetahui sifat listrik dari Polyanilin/PANi sebagai salah satu bahan dasar RAM.
3. Mengetahui pengaruh ketebalan lapisan *Radar Absorbing Material* (RAM) terhadap penyerapan gelombang radar.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk berbagai pihak diantaranya penulis, pembaca, laboratorium dan industri. Pada penelitian ini akan dihasilkan material anti radar dengan pelapisan *single layer* dengan menggunakan metode *Dallenbach layer*. Diharapkan penelitian ini dapat diaplikasikan pada teknologi pesawat terbang, tank, kapal selam dan teknologi militer lainnya yang menerapkan material anti radar.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini, tersusun dalam lima bab yaitu :

- Bab 1: Pendahuluan berisi latar belakang masalah, maksud dan tujuan, perumusan masalah dan manfaat tugas akhir.
- Bab 2: Tinjauan Pustaka berisi mengenai kajian pustaka yang digunakan pada tugas akhir.

- Bab 3: Metodologi Penelitian berisi tentang metode dan tahap pengambilan data.
- Bab 4: Analisa Data dan Pembahasan berupa hasil data yang diperoleh, serta analisa yang dilakukan.
- Bab 5: Kesimpulan berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

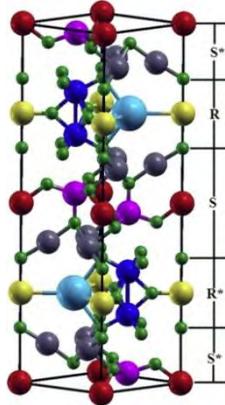
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Barium M-Heksaferit ($BaFe_{12}O_{19}$)

Barium M-Hexaferrite (BaM) dengan formula $BaFe_{12}O_{19}$ merupakan bahan oksida dengan struktur kristal heksagonal yang dicirikan dengan adanya dua parameter kisi yaitu lebar dari bidang heksagonal (a) = 0,588 nm dan tinggi dari kristal (c) = 23,2 nm dengan space grup P63/mmc. BaM mempunyai temperatur leleh yang sangat tinggi yaitu sebesar 1390°C (Pullar 2012a). Unit dari sel kristal BaM dapat dibagi menjadi dua blok yaitu S dan R. Blok S merupakan *cubic close packing* dari dua layer oksigen yang membentuk struktur spinel dan blok R merupakan *hexagonal close packing* dari tiga layer oksigen (Albanese 1977). BaM memiliki saturasi magnet (M_s) sebesar 72 emu/g, nilai medan koersivitas (H_c) sebesar 6700 Oe dan temperatur curie sebesar 450°C, karena nilai medan koersivitas tinggi maka harus dilakukan perekayasa untuk menjadikan BaM sebagai bahan penyerap gelombang radar (Sholihah and Zainuri 2012). Salah satu cara yang digunakan untuk merekayasa sifat kemagnetan BaM ini haruslah diberikan doping yang sesuai. Syarat material yang dapat digunakan sebagai doping yaitu memiliki jari jari ionik yang hampir sama, sebagai contohnya yaitu pada penelitian ini Zn dapat menggantikan Fe pada struktur Barium M-Hexaferit dimana Zn berjari-jari 0,074 nm sedangkan Fe berjari-jari 0,065 nm. Sehingga kehadiran ion Zn^{2+} dapat dimungkinkan untuk menggantikan ion Fe^{3+} (Saidah and Zainuri 2012). Hal tersebut dikarenakan adanya kemiripan dimensi ionik antara Fe dengan Zn, tetapi adanya Zn dalam struktur BaM ini tidak merubah struktur kristal dari BaM itu sendiri. Namun kehadiran Zn yang bersifat diamagnetik ini akan merubah sifat

magnetik dari BaM sehingga sifat kemagnetan BaM dapat menjadi lebih lunak.

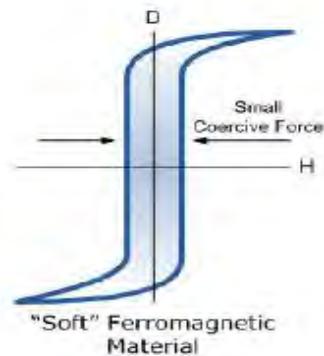


Gambar 2.1 Struktur Kristal Barium M-Hexaferit

Sebelumnya kita harus mengetahui sifat-sifat bahan magnetik dari Barium M-Hexaferit. Sifat bahan magnetik dari BaM dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

2.1.1 Bahan Softmagnetik

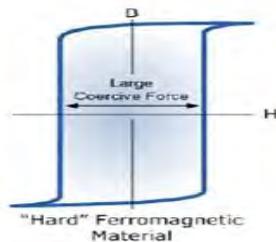
Bahan softmagnetik merupakan bahan yang memiliki sifat kemagnetan yang sangat lemah. Bahan ini mudah untuk menjadi magnet namun mudah pula untuk mengalami kerusakan magnet (hilangnya sifat magnet). Bahan softmagnetik dapat mempertahankan sifat kemagnetannya apabila terdapat medan magnet disekitarnya. Adanya medan magnet menyebabkan magnetisasi mengikuti variasi dari bidang yang digunakan tanpa kehilangan karakteristik kurva histerisisnya. Kurva histerisis bahan softmagnetik berbentuk pipih yang menunjukkan bahwa ada energi yang hilang saat melakukan proses magnetisasi.



Gambar 2.2 Kurva Histerisis Material Soft Magnetic (Kanagesan et al. 2010)

2.1.2 Bahan Hardmagnetik

Bahan hardmagnetik dapat pula disebut sebagai magnet permanen yang digunakan untuk menghasilkan medan magnet yang kuat tanpa adanya arus. Bahan hardmagnetik memiliki nilai koersifitas yang tinggi dengan nilai demagnetisasi yang kuat dan stabil. Apabila dilihat dari karakteristik kurva histerisisnya yang berbentuk cembung menunjukkan bahwa energi yang hilang saat melakukan proses magnetisasi tinggi menyebabkan nilai koersifitas yang dihasilkan juga tinggi.



Gambar 2.3 Kurva Histerisis Material Hard Magnetic (Kanagesan et al. 2010)

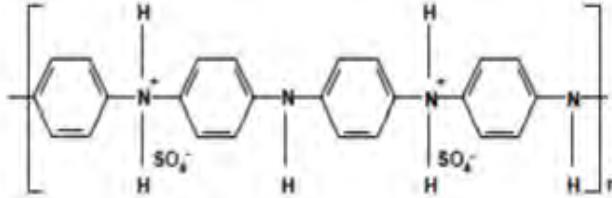
Dari semua bahan magnet permanen yang terpenting yakni bahan magnet keras (ferrite). Ferrite memiliki 6 tipe yakni M, W, X, Y, Z, U, dimana pada ferrite tipe M dengan formula $\text{BaFe}_{12}\text{O}_4$ atau dapat disebut juga material barium hexaferrite yang memiliki sifat kemagnetan yang tinggi atau Ferrimagnet (Gill 2012).

2.2 Polianilin (PANi)

Polianilin (PANi) merupakan salah satu jenis polimer konduktif yang menarik karena PANi memiliki sifat yang unik antara lain memiliki stabilitas termal yang baik dan konduktivitas yang tinggi pada frekuensi mikro. Apabila dibandingkan dengan polimer konduktif lainnya, PANi lebih mudah untuk disintesis baik secara elektrokimia maupun secara kimia (Syamsir and others 2012b). Polimer semikonduktif dan konduktif adalah polimer terkonjugasi yang menunjukkan adanya perubahan ikatan tunggal dan ganda antara atom-atom karbon pada rantai utama polimer. Ikatan ganda ini diperoleh dari karbon yang memiliki empat electron valensi, sedangkan pada molekul terkonjugasi hanya memiliki tiga atau dua atom lain. Suatu zat dapat bersifat polimer konduktif apabila mempunyai ikatan rangkap yang terkonjugasi. Diantara polimer konduktif polianilin menempati kedudukan yang unik karena kaya akan aspek ilmiah dan luas potensi aplikasinya, misalnya saja baterai sekunder, sensor, LED, dan bidang optoelektronik lainnya. Selain itu bila ditinjau dari aspek kestabilan yang paling baik diantara bahan polimer yang selama ini dikenal. Faktor inilah yang memungkinkan polianilin sebagai bahan berpotensi tinggi untuk produksi komersil (Asrori,2000).

Polianilin adalah molekul besar yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia kecil dan sederhana yang disebut monomer anilin ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$) yang berikatan kovalen. Penggabungan monomer-monomer aniline akan membentuk cincin benzoid (B) dan kuinoid (Q) yang dihubungkan satu dengan lainnya oleh atom nitrogen (N) melalui ikatan amin

(terhibridisasi sp^3) dan ikatan imin (terhibridisasi sp^2) (Rosana and Putri 2012).



Gambar 2.4 Polianilin Sebagai Garam Emeraldin pada Media Asam

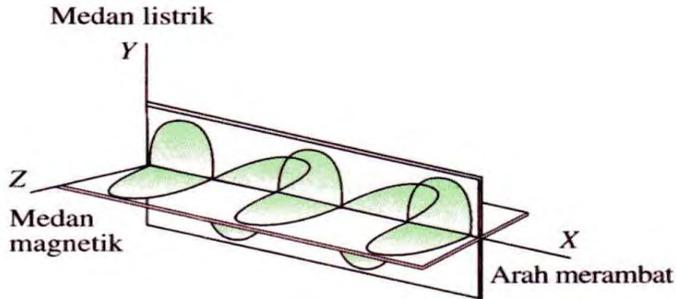
Berdasarkan tingkat oksidasinya struktur molekul dari PANi terdiri atas tiga yaitu Leucoemeraldine Base (LEB), Emeraldine Base (EB), dan Pernigraniline Base (PNB). Ketiga bentuk molekul polianilin ini pertama kali dipelajari oleh MacDiarmid (MacDiarmid et al. 1987). Konduktivitas dari polimer konduktif memiliki rentang dari insulator hingga konduktor. Konduktivitas polimer konduktif ini meningkat seiring peningkatan dari konsentrasi doping. Pada polimer konduktif PANi, konduktivitasnya juga dipengaruhi oleh pH. Dalam kondisi asam, PANi akan menjadi konduktif sedangkan pada saat pH tinggi maka PANi akan berubah menjadi insulator (Epstein et al. 1987).

Salah satu cara peningkatan konduktivitas bahan polimer adalah dengan membentuk keadaan elektronik tereksitasi dari tiap orbit molecular berupa keadaan *overlap* dari pita energinya. Teknik lainnya yang dapat dilakukan adalah menambahkan bahan tertentu pada bahan polimer (doping), sehingga konduktivitas listrik tidak timbul dari polimer tersebut, tetapi berasal dari sisipan fasa kedua yang bersifat konduktor.

2.3 Gelombang Mikro

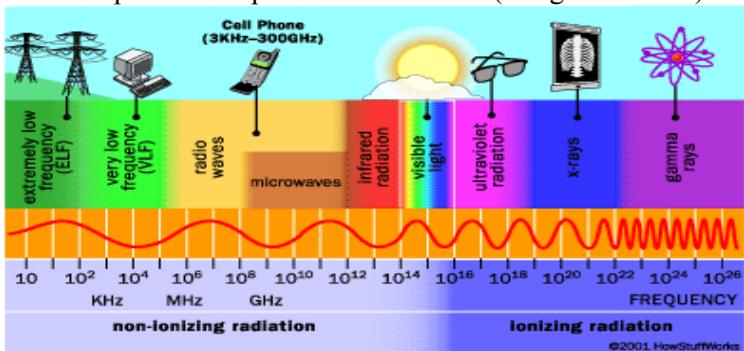
Gelombang elektromagnet merupakan gelombang yang dapat merambat tanpa adanya medium. Gelombang ini terjadi

akibat interaksi atau perpaduan dari medan magnet maupun medan listrik secara tegak lurus.



Gambar 2.5 Perambatan Gelombang Elektromagnetik

Gelombang mikro adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang super tinggi yaitu antara 300 MHz sampai 300 GHz. Panjang gelombang mikro yaitu 1 mm – 1 meter. Apabila gelombang mikro diserap oleh sebuah benda maka akan muncul efek pemanasan pada benda tersebut (Jiang et al. 2009).



Gambar 2.6 Range Gelombang Elektromagnetik

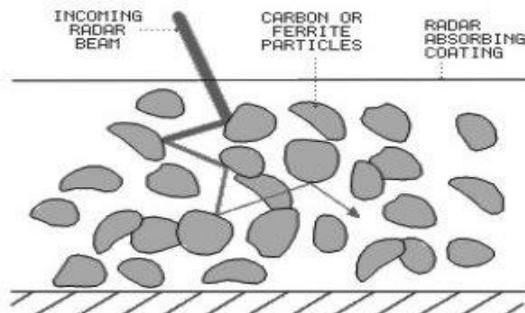
Gelombang mikro biasanya dimanfaatkan dalam bidang telekomunikasi, namun tidak sedikit yang menggunakan gelombang mikro pada radar. Radar juga menggunakan gelombang mikro untuk mendeteksi sebuah objek. Sesuai dengan namanya yaitu Radio Detection And Ranging, radar memanfaatkan pantulan gelombang dari objek untuk pendeteksian. Pantulan tersebut berasal dari polarisasi horizontal,

vertical maupun circular. Radar memancarkan dan menerima sinyal pantulan secara bergantian dengan sistem switch.

Seiring perkembangan teknologi radar maka berkembang pula teknologi siluman (Stealth Technology). Teknologi siluman ini biasanya diterapkan dalam bidang kemiliteran, misalnya saja pesawat dan kapal siluman. Teknologi siluman ini dilakukan dengan mereduksi Radar Cross Section (RCS). Pereduksian RCS dapat dilakukan dengan memanipulasi bentuk benda yaitu dengan geometri bersudut, sehingga pantulan gelombang radar yang mengenai benda akan menjadi kacau atau tidak dapat ditangkap oleh receiver. Selain dengan melakukan rekayasa bentuk dapat juga dengan melapisi benda menggunakan material penyerap gelombang elektromagnet sehingga pantulan gelombang akan menjadi semakin kecil (Rezende et al. 2002).

2.4 Radar Absorbing Material (RAM)

Radar Absorbing Material (RAM) merupakan material penyerap gelombang radar dengan sifat magnetik yang tinggi dan kerugian listrik yang rendah. Pada umumnya, material ini diterapkan sebagai pertahanan suatu negara misalnya saja sebagai pendeteksi kapal maupun pesawat asing yang masuk ke suatu negara atau wilayah. Penyerapan gelombang mikro yang efektif terjadi pada material dengan ketebalan 2,6 mm dengan peak penyerapan gelombang mikro 13 dB pada frekuensi 6,7 GHz (Ainun Mila, 2015).



Gambar 2.7 Penyerapan Gelombang Radar

Berdasarkan permasalahan yang ditimbulkan oleh EMI (Electromagnetic Interference), maka timbullah RAM dengan kualitas penyerapan yang lebih baik dengan sifat listrik dan dipole magnet yang lebih baik pula. Dari situ pula diketahui bahwa komponen dari penyerapan gelombang mikro tidak cukup berasal dari material dielektrik ataupun material magnetik saja, melainkan diperlukan sebuah material yang memiliki sifat dielektrik maupun magnetik sekaligus. Apabila gelombang elektromagnetik mengenai bahan yang bersifat dielektrik dan magnetik maka bahan yang bersifat dielektrik akan menyerap medan listrik dan bahan yang bersifat medan magnet akan menyerap gelombang magnet sehingga efisiensi dari penyerapan akan semakin tinggi.

2.5 Pelapisan Single Layer

Pelapisan single layer terdiri dari dua macam metode pelapisan yaitu metode Salisbury Screen dan metode Dallenbach Layer. Pada metode Salisbury Screen, lapisan tipis dari bahan resistif akan dipisahkan dari logam dengan bahan dielektrik dengan ketebalan sebesar d untuk penyerapan gelombang elektromagnetik yang sempurna. Apabila lebar resistif menghasilkan nilai impedansi sebesar 377Ω maka sama halnya seperti nilai impedansi instrinsik dalam keadaan vakum. Sedangkan apabila nilai permitivitas sama dengan nilai permeabilitas itu artinya bahwa tidak terjadi pemantulan pada permukaan material. Pada pelapisan Salisbury screen, nilai ketebalan lapisan yang berlaku yaitu kelipatan ganjil dari setengah panjang gelombang dengan rumusan sebagai berikut:

$$d = \frac{\lambda}{4} + \frac{n\lambda}{2}, \text{ dengan } n = 0, 1, 2, \dots \quad (2.1)$$

Hal ini berlaku juga pada metode Dallenbach layer.

Pelapisan Dallenbach layer merupakan pelapisan yang dilakukan dengan cara melakukan pencampuran secara homogen. Pada pelapisan metode ini, pemantulan terjadi akibat adanya perbandingan nilai impedansi antara jarak dengan impedansi intrinsik material, sehingga akan terjadi pemantulan apabila ada gelombang elektromagnetik yang mengenai material tersebut.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Peralatan dan Bahan

3.1.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mortar keramik, krusible alumina, gelas beker 250 ml dan 500 ml, gelas ukur 100 ml, spatula kaca, spatula logam, corong, pipet aluminium foil, kertas saring, tisu, label nama, hot plate, *ultrasonic cleaner*, *magnetic stirrer*, magnet permanen, oven, timbangan digital, mesh 140, *magnetic bar*, thermometer dan kertas pH.

Selain itu peralatan uji sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu *X-Ray Diffractometer* (XRD) digunakan untuk mengetahui fasa pada bahan, *X-Ray Fluorescence* (XRF) yang digunakan untuk mengetahui kandungan unsure pada bahan, *Fourier Transform Infrared* (FTIR) yang digunakan untuk mengetahui ikatan kimia yang terjadi pada polyanilin, Konduktivitas Listrik yang digunakan untuk mengetahui sifat listrik dari polyanilin, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang digunakan untuk mengetahui mikrostruktur atau struktur morfologi bahan, *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) digunakan untuk mengetahui kurva histerisis magnetisasi suatu bahan, dan *Vector Network Analyzer* (VNA) digunakan untuk mengukur gelombang mikro dan parameter *scattering* suatu bahan.

3.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Fe_3O_4 dan Fe_2O_3 yang berasal dari pasir besi Tanah Laut Kalimantan Selatan, Barium Karbonat (BaCO_3) (ACS reagent grade, MP Biomedicals, LLC), serbuk Zn (pro analisis, Merck), *Hydrochloric Acid* (HCl) 37% (pro analisis, Merck), Aquades, Alkohol 96%, NH_4OH (pro analisis, Merck), *Deodecyl Benzene Sulfonic Acid* (DBSA), Anilin, Ammonium peroxydisulfat (APS),

Aseton, cat kapal Aghata, thinner A spesial, plat baja grade A tipe AH63, es batu.

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Preparasi Pasir Besi

Preparasi bahan Barium M-Heksaferit dilakukan dengan langkah-langkah yaitu pertama pasir besi ditumbuk terlebih dahulu menggunakan mortar keramik. Kemudian dilakukan pengayakan dengan mesh 140, hal ini dilakukan dengan tujuan agar ukuran pasir besi lebih kecil dan surface area pasir lebih besar. Selanjutnya pasir besi dicuci dalam aquades dan alkohol 96% dengan menggunakan *ultrasonic cleaner* hingga bersih, hal tersebut ditandai dengan air yang tercampur dengan pasir terlihat bening.

3.2.2 Sintesis Barium M-Hexaferrite

Barium M-Heksaferit yang di dopan ion Zn^{2+} dengan konsentrasi $x = 0,3$ yang menghasilkan struktur $BaFe_{11,7}Zn_{0,3}O_{19}$ disintesis menggunakan metode kopresipitasi. Sintesis ini dilakukan dengan langkah langkah sebagai berikut:

- Pasir besi yang mengandung Fe_3O_4 dan Fe_2O_3 dilarutkan dalam HCl dengan suhu $70^\circ C$ selama ± 1 jam dan kemudian disaring. Hasil saringan inilah yang akan digunakan.
- Serbuk Zn dilarutkan dengan HCl dengan suhu $70^\circ C$ selama ± 1 jam, kemudian ditambahkan aquades secara perlahan agar tidak terbentuk endapan (serbuk Zn terlarut sempurna).
- Serbuk $BaCO_3$ dilarutkan dalam HCl sampai terbentuk larutan bening selama ± 1 jam tanpa suhu.
- Larutan yang terbentuk oleh serbuk Zn (larutan b) ditambahkan sedikit demi sedikit ke dalam larutan yang terbentuk oleh pasir besi (larutan a). Selanjutnya larutan $BaCO_3$ dicampurkan dan diaduk pada suhu $70^\circ C$ selama ± 45 menit dimana keadaan $pH = 3$ (dalam keadaan asam).

- e. Hasil dari pencampuran dari ketiga larutan ditetesi oleh NH_4OH secara perlahan agar terbentuk endapan dengan keadaan $\text{pH} = 13$ (dalam keadaan basa).
- f. Endapan yang terbentuk dicuci dengan aquades sampai $\text{pH} = 7$ dan dikeringkan pada suhu 100°C sehingga didapatkan prekursor Barium M-Hexaferrite (BaM).
- g. Kemudian dilakukan kalsinasi pada prekursor yang terbentuk dengan suhu 1000°C dan *holding time* (waktu penahanan) selama 5 jam untuk mendapatkan kristalin BaM.



Gambar 3.1 Hasil Campuran dari Larutan (a), (b) dan (c)

3.2.3 Sintesis Polianilin/PANi

Sintesis polianilin/PANi dilakukan dengan metode polimerisasi in situ dengan langkah langkah antara lain:

- a. APS dilarutkan dalam air destilasi selama 15 menit sehingga akan terbentuk larutan bening.
- b. Kemudian Anilin dan DBSA dilarutkan dalam air destilasi dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama ± 30 menit hingga warna menjadi putih.
- c. Proses polimerisasi terbentuk pada saat larutan campuran anilin + DBSA yang didinginkan hingga temperatur 0°C

pada gelas labu. Selanjutnya larutan distirrer dan ditetesi dengan larutan APS sampai terbentuk larutan berwarna hijau tua. Proses ini membutuhkan waktu ± 8 jam.

- d. Setelah proses tersebut selesai maka larutan PANi dicuci dengan aquades hingga bening dan kemudian dicuci dengan aseton. Selanjutnya larutan disaring dengan menggunakan kertas saring.



Gambar 3.2 Prekursor Polianilin

3.2.4 Pelapisan Single Layer

Pelapisan ini dilakukan dengan cara mencampurkan cat thinner A spesial, kapal agatha dan material PANi dan BaM dengan perbandingan material 1 : 1. Pencampuran ini dilakukan dengan cara pencampuran mekanik selama 10 menit dengan kecepatan ± 8000 rpm. Setelah pencampuran selesai dilakukan pelapisan pada plat baja grade A tipe AH36 secara merata. Pada penelitian ini menggunakan variabel ketebalan pada lapisan BaM/PANi yang akan diaplikasikan pada kapal militer. Variasi ketebalan yang akan digunakan yaitu 1 mm, 1.5 mm, 2 mm, 2.5 mm, dan 3 mm.



Gambar 3.3 Pelapisan Secara Single Layer

Dimana gambar penentuan ketebalan lapisannya adalah seperti berikut ini:



Gambar 3.4 Pengukuran Ketebalan

3.2.5 Karakterisasi Material

Karakterisasi dari material yang telah dihasilkan yaitu dengan menggunakan *X-Ray Diffractometer (XRD)*, *X-Ray Flouescence (XRF)*, *Fourier Transform Infrared (FTIR)*, Konduktivitas Listrik, *Scanning Electron Microscopy (SEM)*,

Vibrating Sample Magnetometer (VSM) dan *Vector Network Analyzer (VNA)*.

3.2.5.1 XRF (*X-Ray Fluorescence*)

Karakterisasi material dengan menggunakan XRF bertujuan untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung di dalam material. Dalam penelitian ini pengujian XRF dilakukan pada sample pasir besi sebelum dan sesudah proses pemurnian. Pengujian XRF dilakukan di Universitas Negeri Malang (UM).

3.2.5.2 XRD (*X-Ray Diffraction*)

Karakterisasi material dengan menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui fasa dari material yang digunakan dalam penelitian. Pada penelitian kali ini, penggunaan uji XRD ini digunakan pada *sample* pasir besi, Barium M-Heksaferit dan polianilin dimana digunakan rentang sudut 5° - 90° . Hasil dari pengujian XRD akan diolah dengan menggunakan *software Match!* Agar diperoleh data kualitatif dari material. Pengujian XRD ini dilakukan di Universitas Negeri Surabaya (UNESA) dengan instrumen yang bernama *XRD D8 Bruker Analysys*. Berikut gambar instrumen yang digunakan :



Gambar 3.5 X-Ray Diffraction D8 Advance Bruker.

3.2.5.3 FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Pengujian material dengan menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi atau ikatan antar molekul yang terjadi pada material. Pada penelitian ini uji karakterisasi FTIR dilakukan pada material BaM, PANi dan komposit BaM/PANi. Karakterisasi FTIR dilakukan di Jurusan Kimia FMIPA ITS.

3.2.5.4 SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Pengujian SEM ini bertujuan untuk mengetahui morfologi permukaan dari suatu material. Gambar morfologi yang terbentuk pada hasil uji SEM dibentuk oleh berkas elektron yang berenergi tinggi dimana elektron ini difokuskan pada permukaan bidang suatu material yang akan di uji. Perbesaran yang dihasilkan didapat dari perbandingan antara luas sampel yang di *scan* terhadap luas area layar monitor. Pengujian SEM ini dilakukan di Universitas Diponegoro.

3.2.5.5 *Konduktivitas Listrik*

Untuk mengetahui kemampuan sebuah material dalam menghantarkan listrik maka dapat dilakukan karakterisasi material dengan uji konduktivitas listrik. Pengujian konduktivitas listrik ini menggunakan alat LCR meter yang berjenis FLUKE PM6306. Dari pengujian ini maka akan didapatkan besarnya hambatan (resistansi) terhadap frekuensi yang diberikan. Pada pengujian ini digunakan frekuensi pada rentang 50 Hz sampai dengan 1 MHz. Karakterisasi ini dilakukan di Jurusan Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.



Gambar 3.6 FLUKE PM6306

Untuk mendapatkan nilai konduktivitas listrik pada material maka dapat digunakan rumus:

$$\sigma = \frac{l}{RA}$$

Dimana σ = konduktivitas (S/cm)

l = tebal *sample* (cm)

R = hambatan atau resistansi (ohm)

A = luas *sample* (cm²)

3.2.5.6 *VNA (Vector Network Analyzer)*

Pengujian VNA (*Vector Network Analyzer*) dilakukan pada material baja grade AH36 tanpa pelapisan maupun dengan pelapisan. Lapisan disini merupakan

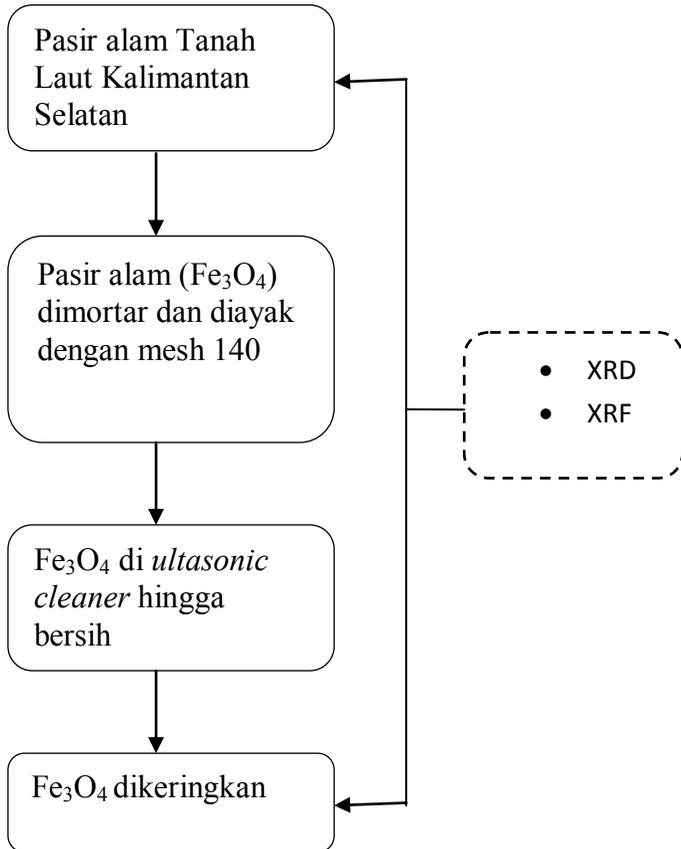
komposit dari BaM/PANi yang dicampur dengan cat agatha. Karakterisasi material disini bertujuan untuk mengetahui daya serap material terhadap gelombang mikro. Pada penelitian ini frekuensi yang digunakan pada rentang gelombang X-Band. Setelah dilakukan karakterisasi dengan VNA akan didapatkan nilai reflection loss yang menunjukkan besarnya daya serap material terhadap gelombang mikro. Pengujian VNA dilakukan di LIPI Bandung dengan menggunakan VNA ADVANTEST tipe 3770.



Gambar 3.7 Alat Karakterisasi VNA

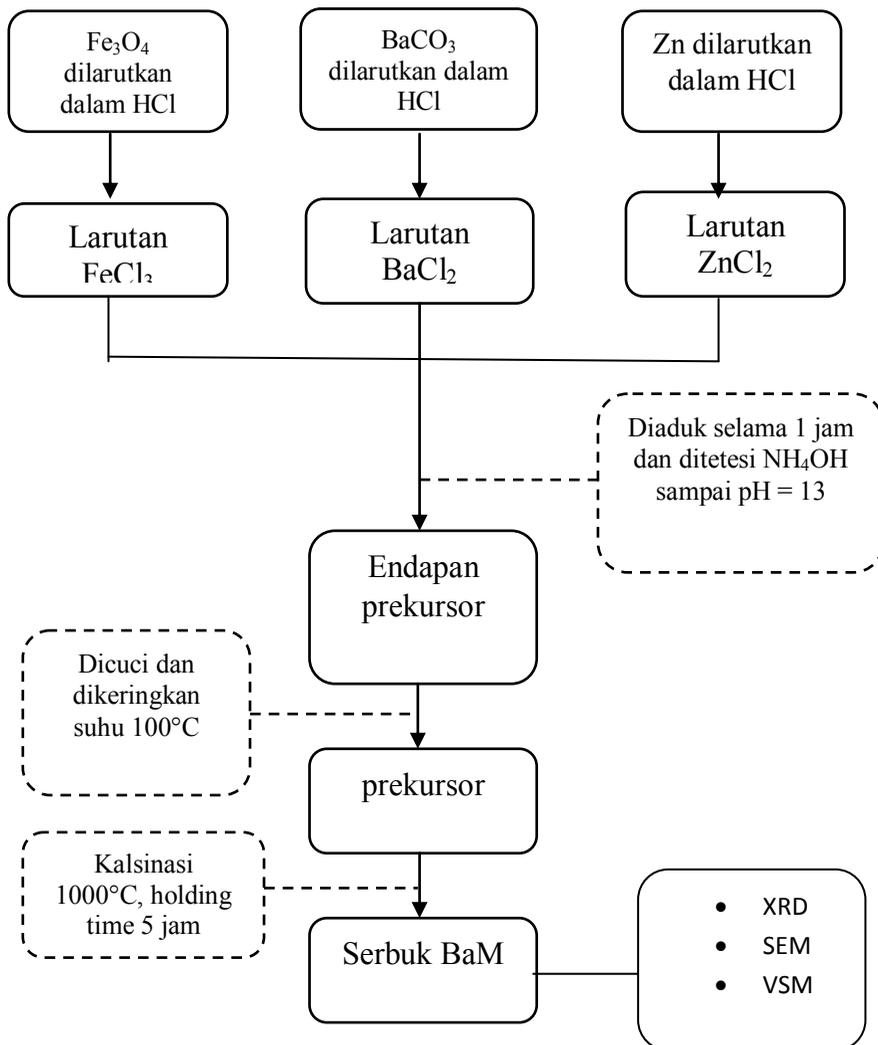
3.3 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Preparasi Pasir Besi



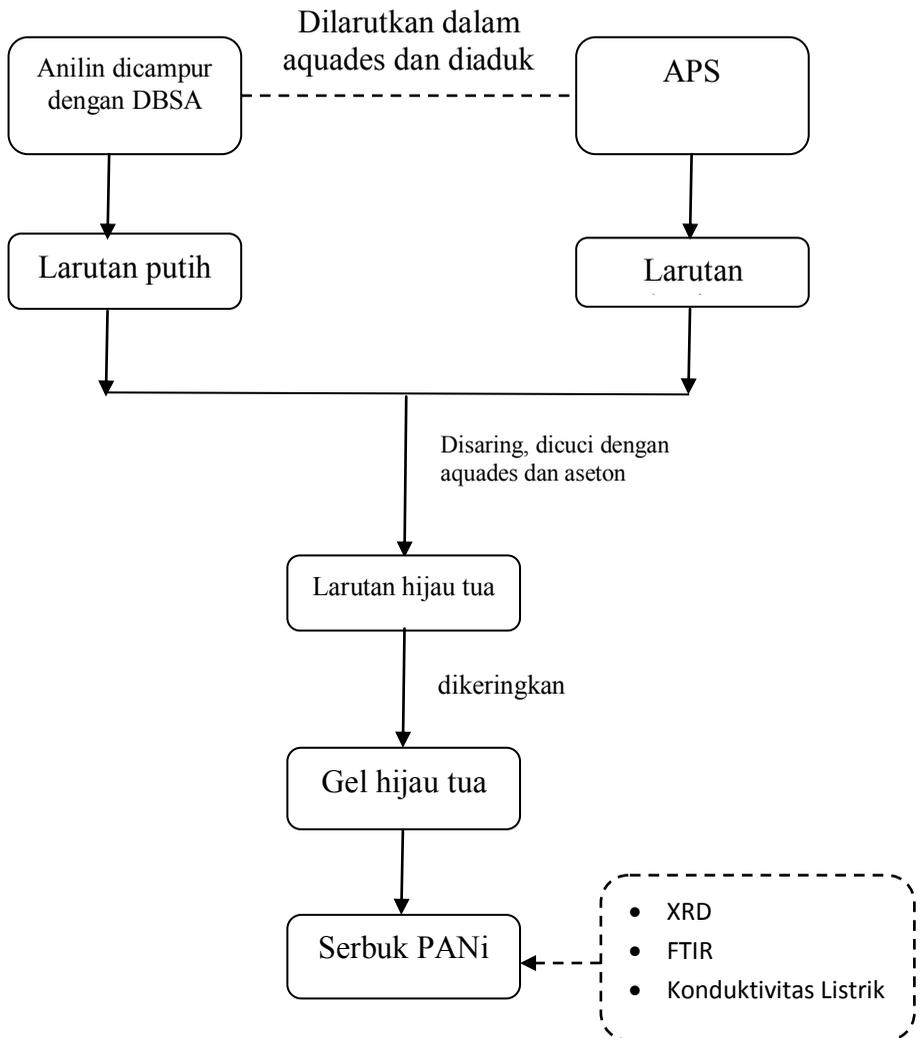
Gambar 3.8 Diagram Alir Preparasi Pasir Besi

3.3.2 Sintesis Barium M-Hexaferrite



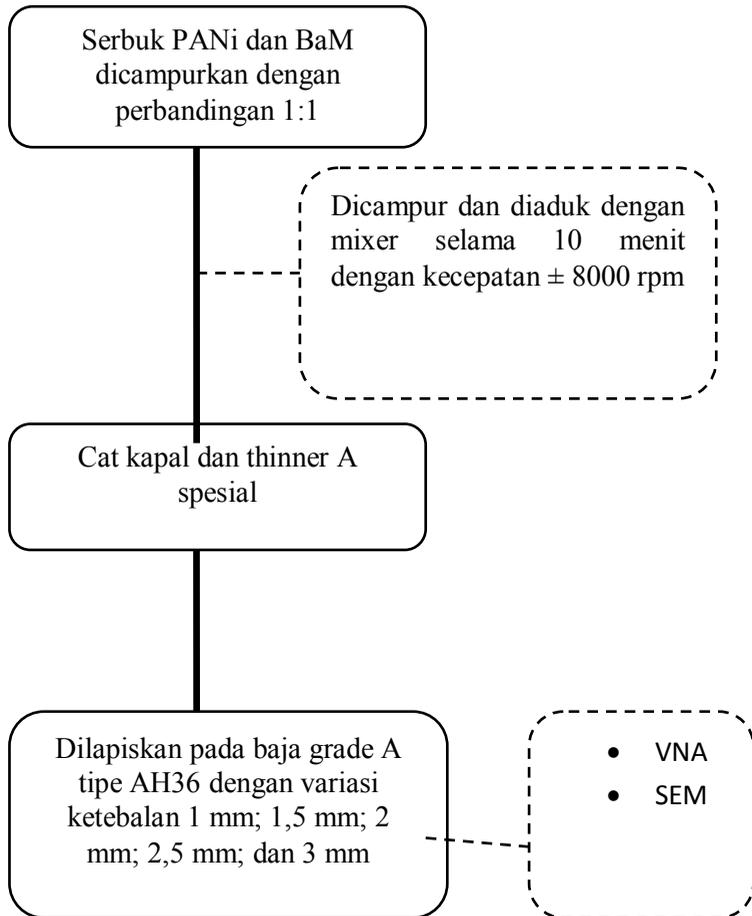
Gambar 3.9 Diagram Alir Sintesis Barium M-Hexaferrite

3.3.3 Sintesis Polianilin/PANi



Gambar 3.10 Diagram Alir Sintesis PANi

3.3.4 Pelapisan Single Layer



Gambar 3.11 Diagram Alir Pelapisan Single Layer

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemurnian Pasir Besi

Pada penelitian ini terdapat 3 tahap penelitian yaitu sintesis Barium M-Heksaferit (BaM), sintesis Polyanilin (PANi) dan pelapisan secara *single layer*. Material alam yang digunakan sebagai bahan dasar pembuat Barium M-Heksaferit yaitu pasir besi Tanah Laut Kalimantan Selatan. Pasir besi Kalimantan Selatan memiliki kandungan dan tingkat kemurnian ferit (Fe) yang sangat tinggi, sehingga sangat baik untuk dijadikan sebagai bahan dasar Barium M-Heksaferit (BaM). Sebelum pasir besi digunakan dalam proses sintesis, maka terlebih dahulu dilakukan karakterisasi *X-Ray Fluorescence* (XRF) yang bertujuan untuk mengetahui komposisi kandungan kimia yang terdapat dalam pasir besi. Berikut hasil XRF yang dilakukan sebelum proses pemurnian pasir besi yaitu:

Tabel 4.1 Hasil Karakterisasi X-Ray Fluorescence (XRF) Sebelum Dilakukan Proses Pemurnian

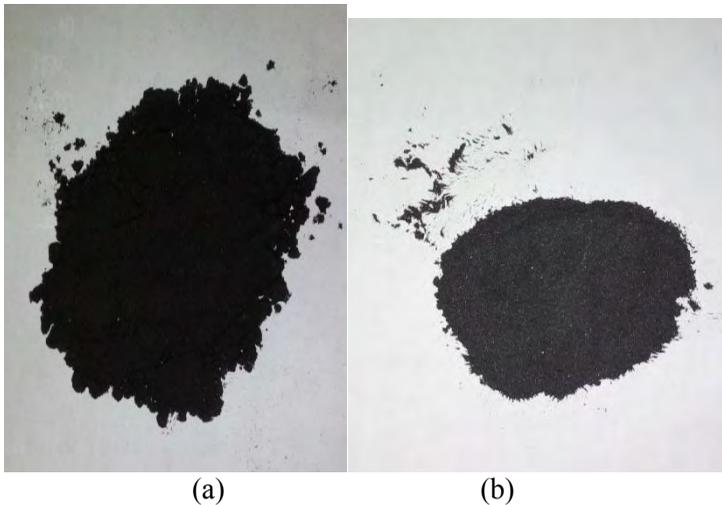
No.	Unsur	Persentase (%)
1.	Si	3,3
2.	P	0,2
3.	Ca	2,46
4.	V	0,035
5.	Cr	0,1
6.	Mn	0,31
7.	Fe	91,04
8.	Ni	0,073
9.	Cu	0,76
10.	Br	0,43
11.	Rb	0,55
12.	La	0,1
13.	Eu	0,6
14.	Os	0,2

Berdasarkan hasil karakterisasi XRF pasir besi dapat terlihat bahwa masih banyak terdapat kandungan pengotor mineral yang ada di dalam pasir besi. Oleh karena itu harus dilakukan proses pemurnian dengan tahapan seperti pada sub bab 3.2.1 dimana terdapat 2 tahapan utama yaitu separasi pasir besi dengan menggunakan magnet permanen dan pencucian menggunakan *ultrasonic cleaner* dengan media aquades dan alkohol 96%. Proses tersebut bertujuan untuk menghilangkan pengotor mineral yang tidak diinginkan pada pasir besi, sehingga dari proses pemurnian ini diharapkan tingkat kemurnian Fe semakin bertambah. Adapun hasil karakterisasi XRF setelah proses pemurnian yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil Karakterisasi X-Ray Fluorescence (XRF) Setelah Dilakukan Proses Pemurnian

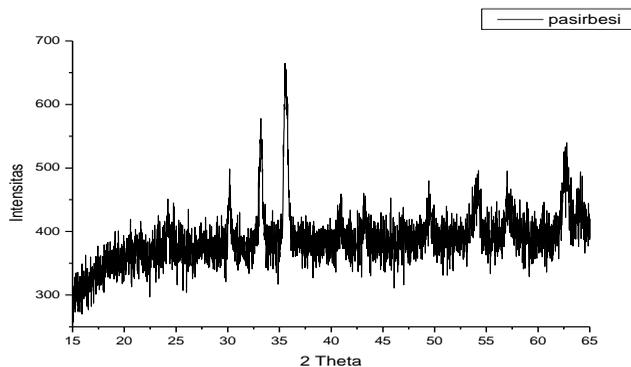
No.	Unsur	Persentase (%)
1.	Ca	0,35
2.	Cr	0,09
3.	Mn	0,26
4.	Fe	98,55
5.	Ni	0,08
6.	Cu	0,1
7.	Rb	0,069
8.	La	0,05
9.	Yb	0,08

Berdasarkan Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan Fe setelah proses pemurnian dari sebesar 91,04 % hingga menjadi 98,55 %. Selain terjadi peningkatan kandungan Fe, terdapat mineral mineral pengotor yang hilang antara lain Si, P, V, Br, Eu, Os dan terdapat kadar mineral pengotor yang berkurang yaitu Ca, Cr, Mn, Ni, Cu, Rb, La.



Gambar 4.1 (a) Pasir Besi Sebelum Pemurnian dan
(b) Pasir Besi Setelah Pemurnian

Pasir besi hasil proses pemurnian kemudian dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffractometer* (XRD). Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui fasa yang terbentuk. Berdasarkan hasil karakterisasi *X-Ray Diffractometer* (XRD) didapatkan pola difraksi sebagai berikut :



Gambar 4.2 Hasil Karakterisasi XRD pada Pasir Besi

Karakterisasi *X-Ray Diffractometer* (XRD) ini dilakukan dengan menggunakan sudut 2θ sebesar 5° - 90° . Berdasarkan analisa dengan menggunakan software *Match!* diketahui bahwa pola difraksi yang terbentuk dari pasir besi membentuk fasa tunggal yaitu fasa magnetite (Fe_3O_4).

Pasir besi hasil pemurnian akan disintesis menjadi Barium M-Heksaferit dengan metode kopresipitasi. Metode kopresipitasi ini memiliki beberapa keunggulan yakni menghasilkan tingkat kemurnian yang tinggi, ukuran *grain* yang dihasilkan bisa dalam orde nano, proses pengendapannya sederhana, tidak membutuhkan waktu lama dan dapat bekerja pada suhu rendah.

4.2 Sintesis Barium M-Heksaferit

Berdasarkan hasil pemurnian pasir besi maka pasir besi Tanah Laut Kalimantan Selatan dapat dibuat sebagai bahan dasar pembuatan Barium M-Heksaferit. Barium M-Heksaferit merupakan material magnetik yang memiliki nilai saturasi magnetik dan medan koersivitas yang tinggi. Hal tersebut dapat menyebabkan sifat anisotropik material menjadi meningkat dan sifat absorpsinya semakin melemah. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan pemberian dopan *Zinc* (Zn) yang digunakan untuk merekayasa sifat kemagnetan Barium M-Heksaferit. Pemilihan dopan Zn ini dikarenakan jari-jari ion yang dimiliki Zn^{2+} dengan Fe^{3+} hampir sama yakni sebesar 0,074 nm dan 0,065 nm, ion Zn^{2+} memiliki sifat diamagnetik sehingga dapat mereduksi sifat ferromagnetik, serta Zn^{2+} memiliki gaya tarik menarik yang lebih kuat dibandingkan Fe^{3+} pada keadaan tetrahedral. Adanya ion Zn sebagai dopan ini tidak mengubah struktur kristal dari BaM itu sendiri. Pada penelitian dopan Zn yang diberikan sebesar 0,3. Hal tersebut mengacu pada penelitian Rosyidah, 2013

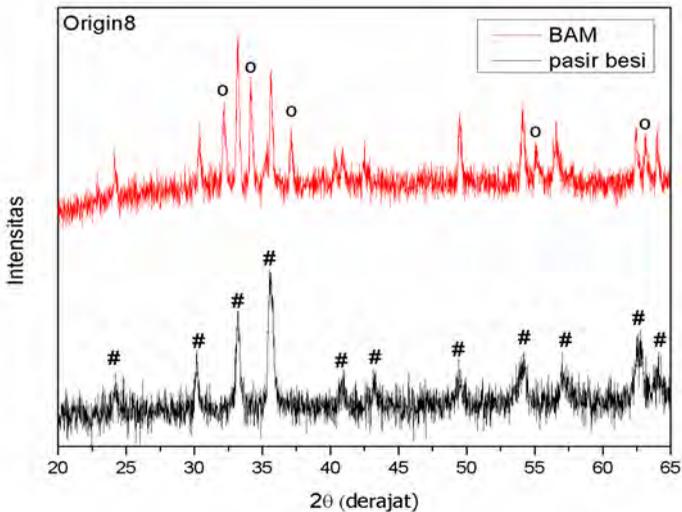
Untuk mendapatkan serbuk prekursor Barium M-Heksaferit maka dapat dilakukan tahapan sesuai sub bab 3.2.2 dimana larutan FeCl_3 , larutan BaCl_2 dan larutan ZnCl_2 dicampurkan

dengan menggunakan magnetic stirrer selama ± 45 menit pada temperatur 70°C dengan kecepatan 6000 rpm. Hasil dari pencampuran ini diperoleh larutan bersifat asam dengan $\text{pH} \approx 3$, kemudian ditambahkan NH_4OH sedikit demi sedikit ke dalam larutan hingga $\text{pH} \approx 13$ (dalam keadaan basa). Proses hidrolisis ini bertujuan untuk menghasilkan endapan Barium M-Heksaferit. Proses hidrolisis akan dilanjutkan dengan proses penetralisir yaitu dengan cara menambahkan aquades sampai didapatkan endapan dengan $\text{pH} \approx 7$. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan Ramli (2012) untuk mendapatkan serbuk BaM maka hasil prekursor harus dikalsinasi dengan temperatur 1000°C dengan holding time 5 jam. Serbuk Barium M-Heksaferit yang dihasilkan ini memiliki struktur $\text{BaFe}_{11.7}\text{Zn}_{0.3}\text{O}_{19}$.



Gambar 4.3 Serbuk Barium M-Heksaferit

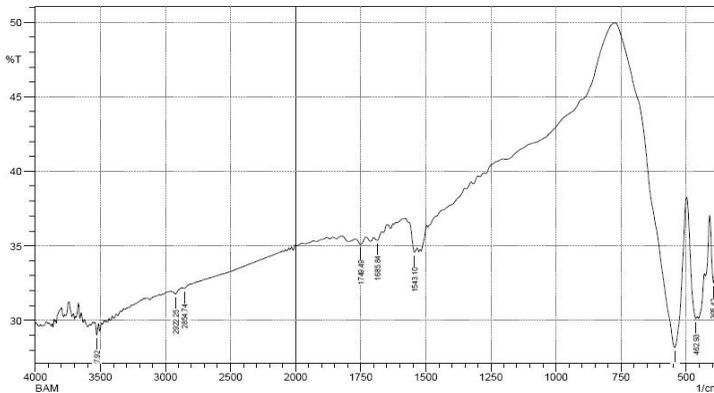
Setelah didapatkan serbuk Barium M-Heksaferit maka dilakukan karakterisasi dengan menggunakan XRD untuk mengetahui fasa apa saja yang terbentuk. Adapun hasil pola XRD Barium M-Heksaferit yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.4 Pola Difraksi Barium M-Heksaferit

Berdasarkan pola difraksi Barium M-Heksaferit dapat dilakukan analisa kualitatif dan kuantitatif. Analisa data kualitatif bisa didapatkan dari software *Match!*. Dari software tersebut diperoleh komposisi fasa relatif yakni fasa BaM (56,7%) dan fasa hematite (43,3%). Sedangkan untuk data secara kuantitatif dapat digunakan software *Rietveld* dimana kecocokan data penelitian dengan model penelitian (Gof) sebesar 1,619. Hal ini menunjukkan bahwa kecocokan data penelitian dengan penelitian sebelumnya sangatlah tinggi. Dari analisis data dengan menggunakan Rietveld diperoleh nilai parameter kisi dimana $a = b = 5,886$ dan $c = 23,198$ dengan volume sel sebesar 696,096.

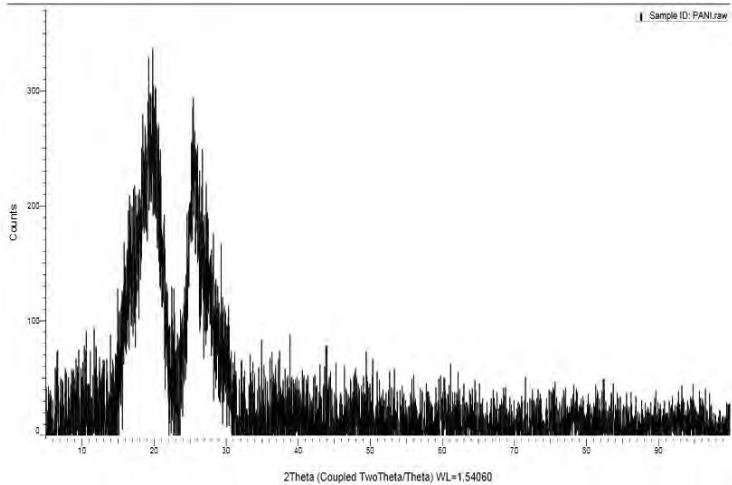
Dalam penelitian ini dapat diketahui pula ikatan antar molekul yang ada didalam BaM dengan melakukan karakterisasi uji *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).



Gambar 4.5 Analisa FTIR pada Material Barium M-Heksaferit Gambar 4.5 menggambarkan bahwa terdapat ikatan Fe-O di dalam prekursor BaM. Ikatan tersebut dapat diketahui dengan cara membandingkan referensi yang sudah ada dengan data yang muncul saat pengujian. Berdasarkan referensi keadaan *metal-oxide stretching* berada dalam bilangan gelombang 440 cm^{-1} dan 585 cm^{-1} (Kanagesan et al. 2010). Sedangkan bilangan gelombang yang diperoleh saat pengujian yaitu berada pada range 462 cm^{-1} dan 544 cm^{-1} . Hal tersebut membuktikan bahwa memang terdapat ikatan Fe-O dalam material Barium M-Heksaferit.

4.3 Sintesis Polianilin

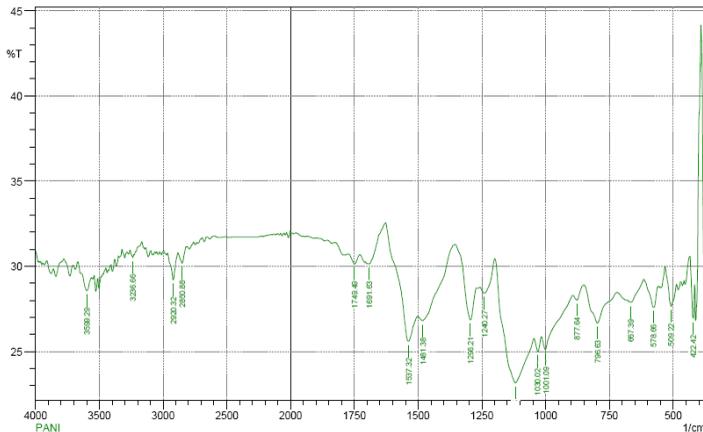
Polianilin merupakan salah satu jenis polimer konduktif yang dibuat dari bahan dasar monomer anilin dan DBSA yang disintesis dengan menggunakan metode polimerisasi in situ. Pembuatan polianilin ini dibantu juga dengan adanya larutan inisiator yaitu APS. Adanya APS disini berfungsi untuk membantu mempercepat terjadinya reaksi kimia. Dalam hal ini proses polimerisasi dilakukan pada suhu 0°C . Hal tersebut bertujuan untuk mengubah rantai monomer menjadi polimer. Polianilin/PANi dapat dikarakterisasi dengan menggunakan pengujian XRD dan FTIR. Dari pengujian menggunakan XRD maka diperoleh hasil pola difraksinya yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.6 Hasil Pola Difraksi PANi

Berdasarkan hasil pola difraksi pada gambar 4.6, PANi membentuk fasa semikristalin dimana PANi memiliki dua pelebaran puncak pada sudut $20,20^\circ$ dan $25,43^\circ$. Hal tersebut sesuai dengan penelitian dari ((Jiang et al. 2009)) yang mendapatkan dua karakteristik pelebaran puncak pada sudut 2θ yakni pada $20,5^\circ$ dan $25,5^\circ$. Selain terdapat pelebaran puncak, polianilin ini mengandung unsur amorf. Dari hasil pola XRD pada gambar 4.6 dapat pula dicari besar ukuran partikelnya dimana didapatkan hasil sebesar $\pm 23,1$ Amstrong.

Selain pengujian XRD, dilakukan pula pengujian FTIR pada PANi yang menghasilkan data sebagai berikut:



Gambar 4.7 Hasil Uji Spektroskopi FTIR pada Polianilin

Dari hasil karakterisasi spektroskopi FTIR dapat ditentukan dengan melihat puncak spektra yang muncul pada bilangan gelombang tertentu. Berikut merupakan data spektra yang muncul pada material PANi yaitu:

Tabel 4.3 Data Spektra Polianilin

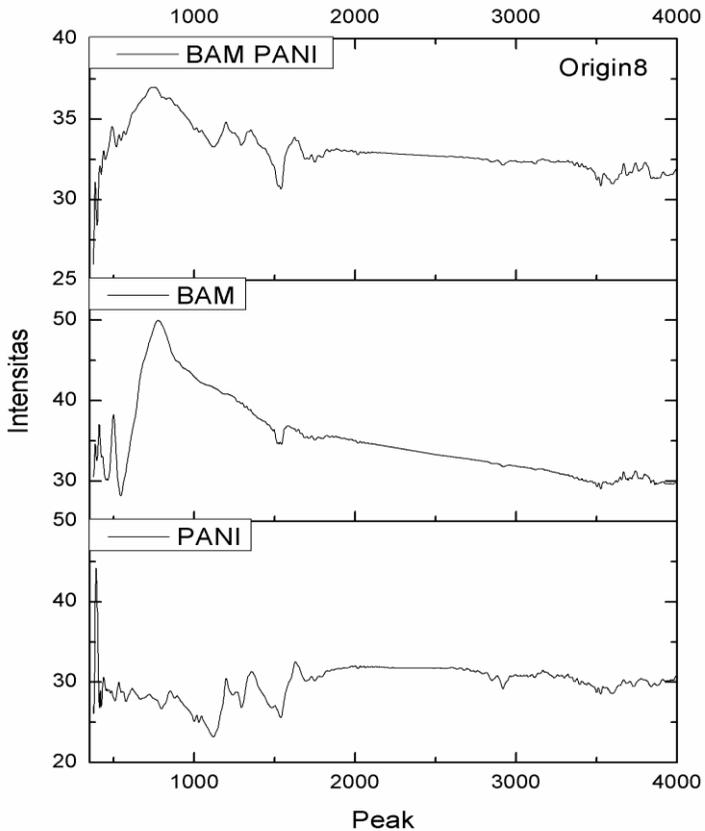
Jenis ikatan/Gugus fungsi	Referensi (cm ⁻¹)	PANi (cm ⁻¹)
N = H <i>stretching</i>	3427	3236,66
C = N <i>stretching</i>	1639	1691,63
C = C (Q) <i>stretching</i>	1576	1537,32
C = C <i>benzenoid ring</i>	1000-1400	1240,27
C-N <i>stretch</i> of Q-B-Q	1335-1250	1296,21
S = O <i>stretching</i>	900-675	667,39

Hasil pengujian dengan menggunakan spektroskopi FTIR menunjukkan bahwa bilangan gelombang yang diperoleh relatif sama dengan data referensi. Hasil tersebut juga menjelaskan

bahwa polianilin yang digunakan dalam penelitian ini berjenis garam emeraldin. Garam emeraldin merupakan polimer yang bersifat konduktif. Pembentukan garam emeraldin timbul karena adanya konsentrasi dopan DBSA, dimana hal tersebut ditunjukkan dengan adanya ikatan S = O *stretching* pada bilangan gelombang 667,39 cm^{-1} .

4.4 Sintesis Komposit BaM/PANi

Material penyerap gelombang radar (RAM) haruslah memiliki kemampuan untuk dapat meminimalisir refleksi dari gelombang elektromagnetik. Selain itu RAM juga harus memiliki sifat magnetik dan sifat listrik yang baik. Hal tersebut dikarenakan gelombang elektromagnetik yang terpancar merupakan sebuah paduan antara medan listrik dengan medan magnet yang berorientasi secara tegak lurus. Penelitian penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa Barium M-Heksaferit merupakan material penyerap gelombang radar yang sangat baik. Namun terdapat kekurangan pada penelitian-penelitian sebelumnya yaitu untuk membuat material RAM hanya menggunakan bahan magnetik atau bahan konduktif saja. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan bahan magnetik dan bahan konduktif sebagai penyusun dasar material RAM. Bahan magnetik yang digunakan yaitu Barium M-Heksaferit dari pasir besi Tanah Laut Kalimantan Selatan dengan pemberian dopan Zn^{2+} dan bahan konduktifnya yaitu polianilin/PANi. Kedua bahan ini dikompositkan atau dicampurkan dengan menggunakan media pelarut yaitu 1-butanol. Keuntungan pemakaian 1-butanol sebagai bahan pelarut yaitu lebih mudah menguap dan tidak bereaksi dengan material atau bersifat netral. Adanya komposit BaM/PANi sebenarnya tidak menyatu satu sama lain namun setiap material berdiri sendiri. Untuk menjelaskan lebih lanjut bahwa tidak terjadi ikatan pada komposit BaM/PANi maka dapat dilakukan karakterisasi uji FTIR untuk melihat ikatannya. Hasil karakterisasinya yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.8 Ikatan Antar Molekul pada Komposit BaM/PANi

Berdasarkan karakterisasi dengan menggunakan uji FTIR, maka data spektranya dapat dilihat seperti berikut ini:

Tabel 4.4 Data Spektra Komposit BaM/PANi

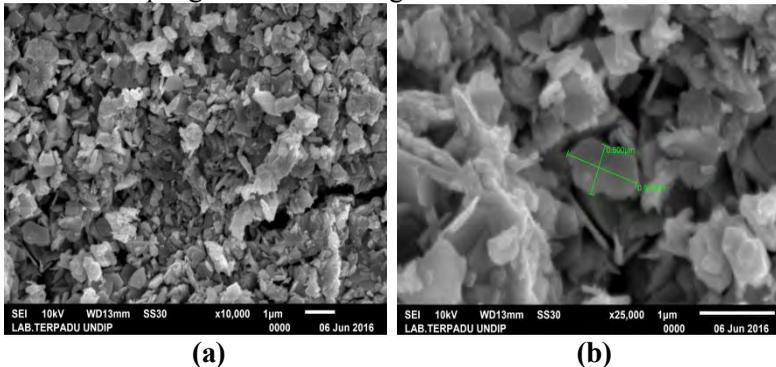
Jenis ikatan/Gugus fungsi	Referensi (cm^{-1})	Bilangan Gelombang (cm^{-1})
Metal Oxyde (Fe-O)	440	447

N = H <i>stretching</i>	3427	3597
C = N <i>stretching</i>	1639	1712,85
C = C (Q) <i>stretching</i>	1576	1539
C = C <i>benzenoid ring</i>	1000-1400	1003
C-N <i>stretch</i> of Q-B-Q	1335-1250	1294
S = O <i>stretching</i>	900-675	827

Dari data spektra diatas dapat dianalisa bahwa tidak terbentuk puncak baru di dalam komposit BaM/PANi. Hal ini memungkinkan bahwa komposit BaM/PANi berdiri secara sendiri sendiri atau tidak berikatan.

4.5 Analisa Morfologi Material

Pengamatan morfologi material dapat dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Berikut adalah hasil pengamatan morfologi Barium M-Heksaferrit:



Gambar 4.9 Hasil Pengamatan Morfologi BaM dengan Perbesaran (a) 10000 kali (b) 20000 kali

Berdasarkan hasil pengamatan morfologi di atas dari hasil uji SEM-EDX dapat terlihat bahwa struktur heksagonal yang dihasilkan oleh Barium M-Heksaferrit belum terbentuk secara sempurna. Hal tersebut dikarenakan fasa yang dihasilkan

bukanlah fasa tunggal. Berdasarkan hasil karakterisasi SEM dan XRD didapatkan pula besar ukuran partikel yaitu $\pm 0,2 \mu\text{m}$ sampai $1 \mu\text{m}$. Besarnya ukuran partikel ini akan berpengaruh terhadap surface area dan sifat mekanik dari material tersebut.

Dalam pengujian SEM-EDX selain untuk mengetahui morfologi atau mikrostruktur dari material dapat pula digunakan untuk mengetahui distribusi elemen secara kualitatif maupun kuantitatif yang terkandung pada material BaM. Hasil distribusi elemen pada material BaM dapat ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 4.5 Hasil Distribusi Elemen-Elemen pada BaM

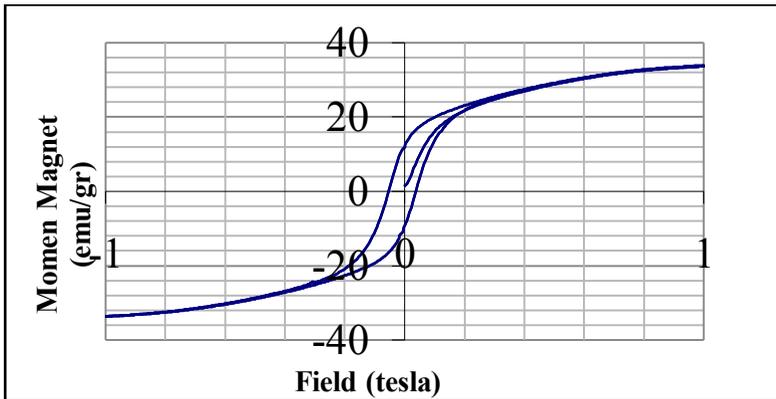
Elemen	Nomor atom	Banyak atom (at. %)
O	8	95,08
Fe	26	4,44
Zn	30	0,24
Ba	56	0,24
Total		100

Berdasarkan Tabel 4.5 yang menyatakan distribusi elemen dari BaM dapat terlihat bahwa banyaknya atom oksigen lebih banyak dari atom lainnya. Hal tersebut mengindikasikan bahwa oksigen menyisip atau saling berikatan kedalam atom besi (Fe) sehingga terdapat ikatan *metal oxyde*. Adanya keempat elemen diatas juga mengindikasikan bahwa telah terbentuk struktur Barium M-Heksaferit ($\text{BaFe}_{11,7}\text{Zn}_{0,3}\text{O}_{19}$)

4.6 Analisa Sifat Magnetik

Barium M-Heksaferit merupakan material yang memiliki sifat *hard magnetic*. Sebuah material yang bersifat *hard magnetic* memiliki orientasi domain yang acak sehingga pada saat material dikenai medan elektromagnetik maka domain akan susah untuk disearahkan karena medan magnet dari gelombang akan terpental. Oleh karena itu sebagai bahan penyerap gelombang radar sifat ini haruslah direduksi. Secara teori material *soft magnetic* merupakan sifat yang dibutuhkan bahan penyerap gelombang radar. Hal ini dikarenakan material *soft magnetic* memiliki nilai medan

koersivitas yang kecil dan sifat anisotropik yang tidak terlalu tinggi sehingga ketika material terdeteksi oleh gelombang radar maka material akan kembali kekeadaan semula. Untuk mereduksi sifat *hard magnetic* dari BaM maka dapat dilakukan mekanisme pendopingan. Dalam penelitian ini digunakan doping Zn dengan konsentrasi doping sebesar 0,3. Hal ini mengacu pada penelitian sebelumnya dimana pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pendopingan dengan ion Mn, Cu maupun Ti yang mendapatkan hasil bahwa sifat *hard magnetic* dari Barium M-Heksaferit dapat direduksi (Pullar 2012b). Dengan menggunakan karakterisasi *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM), maka kita dapat menganalisa sifat magnetik dari Barium M-Heksaferit. Hubungan magnetisasi dengan medan magnet dapat dilihat pada gambar berikut ini:



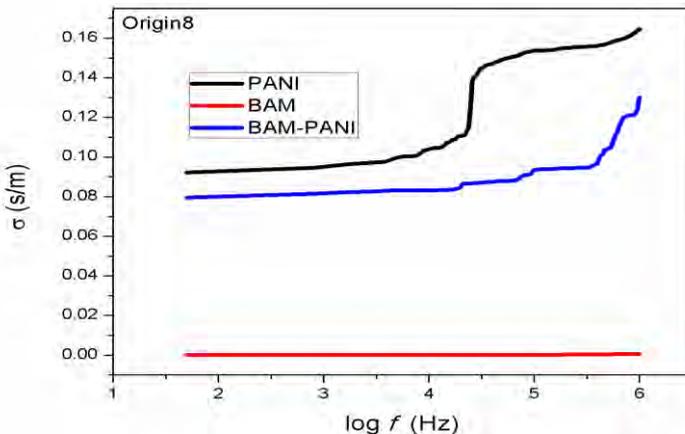
Gambar 4.10 Kurva Histerisis Magnetik Material BaM

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa partikel BaM dengan konsentrasi doping 0,3 memiliki nilai medan koersivitas sebesar 0,25 T, medan remanensinya sebesar 16 emu/gr dan medan maksimumnya sebesar 26 emu/gr. Sedangkan dari penelitian Linda Silvia, 2013 yang mendapatkan hasil Barium M-Heksaferit tanpa pendopingan menghasilkan nilai magnetisasi remanensi sebesar 7,72 emu/g dan nilai medan koersivitasnya sebesar 0,09 T dengan lebar kurva histerisis lebih besar dari kurva histerisis BaM dengan pendopingan (Silvia,

Rosyidah, and Zainuri 2013). Hal tersebut dikarenakan substitusi ion Zn^{2+} terjadi secara serentak pada *spin down* dan *spin up* yang mengakibatkan terjadinya penurunan pada nilai medan koersivitas dan medan saturasinya. Adanya penurunan nilai dapat dilihat dari gambar kurva histerisis pada gambar diatas yang menunjukkan bahwa kurva histerisis berbentuk pipih. Hal ini menandakan bahwa pada material BaM telah terjadi perubahan sifat kemagnetan yang berarti bahwa sifat kemagnetan BaM sudah berupa material *soft magnetic*.

4.7 Analisa Sifat Listrik

Dalam penelitian kali ini juga dilakukan karakterisasi konduktivitas listrik pada bahan Barium M-Heksaferit, polianilin dan campuran BaM/PANi. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan material dalam menghantarkan arus listrik. Pengujian konduktivitas listrik dilakukan dengan menggunakan metode RCL pada rentang frekuensi 50 Hz sampai dengan 1 MHz. Berikut adalah hasil karakterisasi hubungan konduktivitas listrik dengan frekuensi:



Gambar 4.11 Hasil Uji Konduktivitas Listrik pada PANi

Besarnya nilai konduktivitas listrik bergantung pada material yang digunakan. Nilai konduktivitas listrik pada polianilin besar dikarenakan PANi merupakan bahan polimer konduktif. Kemampuan PANi dalam menghantarkan listrik terjadi karena adanya ikatan elektron yang berpindah ke tingkat energi yang lebih tinggi dan tingkat oksidasi yang dihasilkan tergolong dalam garam emeraldin yang mengalami setengah oksidasi dengan nilai konduktivitas pada tingkat semikonduktor pada rentang 10^{-7} s/cm sampai 100 s/cm (Prastiwi 2012).

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar 4.12 dan pada Lampiran F dapat dianalisa bahwa nilai konduktivitas PANi lebih besar dari nilai konduktivitas BaM dan konduktivitas komposit BaM/PANi yaitu 0,165 pada frekuensi 1 MHz. Dalam hal ini polianilin yang dihasilkan tergolong pada material yang bersifat semikonduktor dimana material semikonduktor memiliki kemampuan yang baik dalam hal penyerapan gelombang mikro. Pada saat gelombang mikro dikenakan ke dalam polianilin/PANi yang dikompositkan dengan BaM maka akan terbentuk medan listrik yang kemudian akan dikonversikan menjadi panas.

4.8 Analisa Penyerapan Gelombang Mikro

Mekanisme serapan gelombang radar dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu serapan gelombang secara aktif dan secara pasif. Apabila penyerapan gelombang terjadi secara aktif maka ketika ada gelombang elektromagnetik datang akan menimbulkan interferensi sehingga gelombang tersebut akan dipancarkan melemah sehingga tidak dapat dideteksi oleh radar. Sedangkan penyerapan gelombang secara pasif terjadi pada saat gelombang elektromagnetik yang dipantulkan kemudian akan dikonversikan menjadi panas.

Berdasarkan penjelasan pada sub bab 4.4 mengenai komposit BaM/PANi, material ini dapat digunakan sebagai bahan penyerap gelombang radar yang baik karena memiliki potensi untuk dapat meminimalisir *reflection loss* dari gelombang elektromagnetik. Material komposit BaM/PANi diharapkan dapat melakukan penyerapan gelombang mikro pada rentang frekuensi X-Band (8,2

GHz sampai 12,5 GHz) sehingga material ini dapat diaplikasikan pada teknologi pesawat terbang, kapal siluman dan teknologi militer lainnya. Untuk mengetahui besarnya penyerapan gelombang mikro oleh material dapat dilakukan pengujian *Vector Network Analyzer* (VNA). Sebelum dilakukan pengujian maka perlu dilakukan preparasi sample uji yaitu dengan cara mencampurkan material komposit BaM/Pani sebagai *filler* dan cat sebagai bahan perekat. Setelah dilakukan pencampuran kemudian dilakukan pelapisan secara *single layer* dengan metode *Dallenbach Layer* yang menggunakan variasi ketebalan dalam pelapisannya. Variasi ketebalan ini yakni 1 mm; 1,5 mm; 2 mm; 2,5 mm dan 3 mm. Variasi ketebalan ditentukan berdasarkan $\frac{1}{4}$ dari panjang gelombang. Setelah dilakukan preparasi sample uji, kemudian dilakukan karakterisasi uji VNA dimana dari pengujian ini diperoleh hasil besarnya nilai frekuensi dibandingkan dengan besar nilai *reflection loss* pada material. Karena pada penelitian ini yang difokuskan pada range frekuensi X-Band maka frekuensi yang diaplikasikan berkisar pada range 8 GHz sampai 12 GHz.



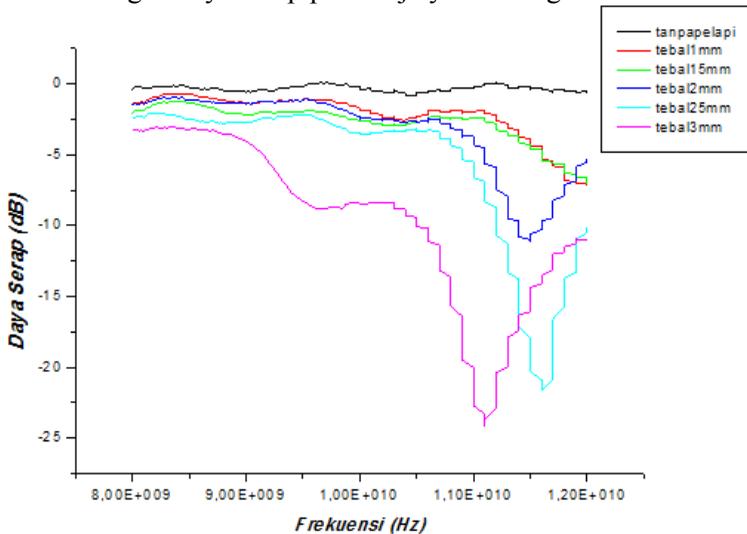
Gambar 4.12 Hasil Pelapisan Material RAM

Nilai *reflection loss* dari plat baja AH36 sebelum dilapisi dengan material RAM menghasilkan nilai *reflection loss* sebesar -0,389 dB pada frekuensi 8 GHz. Hal ini berarti bahwa masih terdapat gelombang datang yang dipantulkan oleh plat. Sedangkan pada penelitian ini plat yang telah dilapisi oleh material RAM menghasilkan nilai *reflection loss* semakin kecil yakni sebesar -21,231 dB.

Tabel 4.6 Hasil Identifikasi Penyerap Gelombang Mikro
Reflection Loss (dB)

f (GHz)	Tanpa pelapisan	1 mm	1,5 mm	2 mm	2,5 mm	3 mm
8	-0,389	-1,463	-2,1	-1,451	-2,347	-3,299
8,5	-0,289	-0,792	-1,373	-1,144	-2,522	-2,203
9	-0,6	-1,395	-2,194	-1,426	-2,73	-4,103
9,5	-0,193	-1,106	-2,052	-1,149	-2,251	-8,284
10	-0,214	-1,718	-2,578	-2,29	-3,505	-8,443
10,5	-0,645	-2,29	-2,662	-2,617	-3,23	-9,643
11	-0,304	-1,916	-2,38	-3,975	-5,993	-21,231
11,5	-0,368	-4,197	-4,545	-11,074	-19,35	-15,402
12	-0,571	-7,225	-7,033	-5,297	-10,13	-11,077

Berdasarkan tabel 4.4 dapat dibuat grafik hubungan antara frekuensi dengan daya serap pada baja yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.13 Analisa Data Penyerapan Gelombang Mikro

Semakin tebal lapisan yang dilapiskan pada plat baja maka akan semakin besar nilai *reflection loss*nya. Hal tersebut dikarenakan pada saat gelombang datang dikenakan pada plat baja yang dilapisi material RAM maka gelombang tersebut akan masuk ke dalam material RAM dan kemudian akan bertumbukan dengan partikel-partikel dalam material tersebut. Akibat adanya tumbukan inilah gelombang akan kehilangan energi sehingga gelombang tidak akan terpantul kembali.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Material $\text{BaFe}_{11,7}\text{Zn}_{0,3}\text{O}_{19}$ yang bersifat hard magnetik dapat tereduksi setelah adanya pendopingan dengan konsentrasi $\text{Zn} = 0,3$. Hal ini dibuktikan dengan nilai medan koersivitas 0,25 T, medan remanensi 16 emu/gr dan medan saturasinya sebesar 26 emu/gr.
2. Dihasilkan material polianilin dengan nilai konduktivitas listrik yang lebih tinggi dari nilai konduktivitas material campuran dan material BaM yaitu sebesar 0,165 s/m.
3. Nilai *reflection loss* terbesar dihasilkan oleh pelapisan single layer dengan ketebalan 3 mm yaitu sebesar -21,231 dB pada frekuensi 11,5 GHz. Pengaruh ketebalan terhadap nilai *reflection loss* yaitu semakin tebal lapisan komposit BaM/PANi yang dilapiskan pada plat baja maka akan semakin besar nilai *reflection loss*nya.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya mengenai penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Dilakukan pengujian VSM dengan kuat medan magnet di atas 1 Tesla agar nilai saturasi magnetik dari BaM dapat diketahui
2. Identifikasi sifat penyerapan gelombang radar dengan merekayasa bahan konduktifnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Albanese, G. 1977. **Recent Advances In Hexagonal Ferrites By The Use Of Nuclear Spectroscopic Methods.** *Le Journal De Physique Colloques* 38 (C1): C1–85.
- Efhana, Dessy Putri, Devi Eka Septyani Arifin, Dita Viantyas, Fitriana Fitriana, Setiawan Abdillah, And Moch Zainuri. 2013. **Pembuatan Pelapis Penyerap Gelombang Mikro Berbasis M-Hexaferrite Bafe12-2xznxo19 Dari Pasir Alam Pada Kabin Pesawat.** *Program Kreativitas Mahasiswa-Penelitian.*
- Epstein, A. J., J. M. Ginder, F. Zuo, R. W. Bigelow, H.-S. Woo, D. B. Tanner, A. F. Richter, W.-S. Huang, And A. G. Macdiarmid. 1987. **Insulator-To-Metal Transition In Polyaniline.** *Synthetic Metals* 18 (1): 303–309.
- Gill, Baltej Singh. 2012. **Effect Of Particle Size On The Magnetic Properties Of Barium Hexaferrite Bonded Magnets.** Thapar University, Patiala.
- Jiang, Jing, Lun-Hong Ai, Da-Bin Qin, Hui Liu, And Liang-Chao Li. 2009. **Preparation And Characterization Of Electromagnetic Functionalized Polyaniline/Bafe 12 O 19 Composites.** *Synthetic Metals* 159 (7): 695–699.
- Kanagesan, S., S. Jesurani, R. Velmurugan, C. Kumar, And T. Kalaivani. 2010. **Magnetic Hysteresis Property Of Barium Hexaferrite Using D-Fructose As A Fuel.** *Journal Of Materials Science And Engineering* 4 (9).
- Macdiarmid, A. G., J. C. Chiang, A. F. Richter, Epstein, And AJ. 1987. **Polyaniline: A New Concept In Conducting Polymers.** *Synthetic Metals* 18 (1): 285–290.
- Prastiwi, H. 2012. **Analisis Pengaruh Penambahan Serbuk Tembaga Terhadap Sifat Listrik Dan Sifat Optik Polianilin (Pani).** Skripsi.
- Pullar, Robert C. 2012a. **Hexagonal Ferrites: A Review Of The Synthesis, Properties And Applications Of Hexaferrite**

- Ceramics.** *Progress In Materials Science* 57 (7): 1191–1334.
- . 2012b. **Hexagonal Ferrites: A Review Of The Synthesis, Properties And Applications Of Hexaferrite Ceramics.** *Progress In Materials Science* 57 (7): 1191–1334.
- Rezende, Mirabel Cerqueira, Inácio Malmonge Martin, Roselena Faez, Marcelo Alexandre Souza Miacci, And Evandro Luis Nohara. 2002. **Radar Cross Section Measurements (8-12 Ghz) Of Magnetic And Dielectric Microwave Absorbing Thin Sheets.** *Revista De Fisica Aplicada E Instrumentação* 15 (1).
- Rosana, Nila, And Nugrahani Primary Putri. 2012. **Penambahan Fly Ash Pada Komposit Polianilin/Hcl/Fly Ash.** *Jurnal Sains & Matematika* 1 (1).
- Saidah, Inayati Nur, And Mochamad Zainuri. 2012. **Pengaruh Variasi Ph Pelarut Hcl Pada Sintesis Barium M-Heksaferrit Dengan Doping Zn (Bafe11, 4Zn0, 6O19) Menggunakan Metode Kopersipitasi.** *Jurnal Sains Dan Seni ITS* 1 (1): B41–B46.
- Sholihah, Findah Rahmawatus, And Mochamad Zainuri. 2012. **Pengaruh Holding Time Kalsinasi Terhadap Sifat Kemagnetan Barium M-Hexaferrite (Bafe12-Xznxo19) Dengan Ion Doping Zn.** *Jurnal Sains Dan Seni ITS* 1 (1): B25–B29.
- Silvia, Linda, Kurniawati Choirur Rosyidah, And Mohammad Zainuri. 2013. **Pengaruh Ion Doping Zn Pada Sifat Kemagnetan Barium M-Heksaferrit Bafe12- Xznxo19 Berbasis Pasir Besi Tulungagung.** *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya* 9 (3): 121–124.
- Syamsir, Arasi, And Others. 2012a. **Sintesis Nanokomposit Pani/Tio2/Karbon Sebagai Penyerap Gelombang Mikro.** *Jurnal Fisika Unand* 1 (1).

BIODATA PENULIS



Penulis dikenal dengan nama “Lilian Nunisa Usvanda” merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang dilahirkan pada 05 Maret 1994 dari pasangan Bapak Samijantoro dan Ibu Nurchayati. Penulis berasal dari kota pahlawan yaitu Surabaya. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Aisyah 7 Surabaya, SDN Kertajaya XI No. 217 Surabaya, SMPN 39 Surabaya, dan SMAN 17 Surabaya. Setelah menempuh pendidikan jenjang Sekolah

Menengah Atas, penulis mengikuti jalur SNMPTN tulis dan diterima di jurusan Fisika FMIPA ITS pada tahun 2012 yang terdaftar dengan NRP 1112 100 027. Sejak menempuh jenjang SMP hingga masa perkuliahan, penulis sangat menyukai kegiatan yang berhubungan dengan pengembangan dan keorganisasian. Di jurusan Fisika ini penulis menggeluti bidang minat Fisika Material. Sehingga dalam penyelesaian tugas akhir ini, penulis menekuni topik utamanya mengenai material *Radar Absorbing Material* (RAM). Harapan besar penulis adalah karya ini dapat bermanfaat bagi orang lain dan diri sendiri sebagai sarana pengembangan potensi diri, serta mampu menjadi pribadi yang lebih beruntung yang berlandaskan ajaran Allah SWT. Kritik dan saran dapat dikirim melalui email: usvandalian@gmail.com